

Contribution à l'élaboration de dispositifs de retenue de route entièrement ou partiellement en bois ¹

Denis Brizard ², Eric Jacquelin ³, LBMC UMR_T 9406 ⁴

Campagne thèses Univ Eiffel 2022

Contexte

La grande majorité des dispositifs de retenue de route sont en acier galvanisé. Ces barrières sont destinées à empêcher un véhicule sortant de la route de percuter des obstacles latéraux. Elles sont installées sur des centaines de kilomètres sur le bord des routes et autoroutes. Les dispositifs de protection urbains (garde-corps, barrières, bornes anti-intrusion, potelets) sont également en grande majorité en matériau métallique.

Dans un contexte global de développement durable, il convient désormais de prendre en compte l'énergie grise (énergie consommée tout au long du cycle de vie du produit [1]) et les émissions de gaz à effet de serre des matériaux de construction utilisés à grande échelle. Cela concerne donc les dispositifs de protection largement mis en oeuvre sur les routes et en milieu urbain.

Le matériau bois présente un impact environnemental plus faible que celui de l'acier [2]. Son utilisation dans les dispositifs de protection routiers et urbains reste cependant marginale. Il existe des barrières mixtes bois-acier, dans lesquelles un habillage en bois vient recouvrir des lisses et des poteaux en acier. Toutefois, dans ces dispositifs mixtes, le bois est utilisé principalement pour des raisons esthétiques. Il conviendrait donc de mieux exploiter les propriétés du bois dans ces applications: lorsque les barrières et les véhicules entrent en contact, c'est à dire lorsqu'elles sont soumises à des chocs.

Objectifs

Le travail de la thèse consistera à étudier la viabilité de l'utilisation du matériau bois dans des applications -structurelles et non esthétiques- de protection aux chocs des usagers de la route.

¹ https://www.ifsttar.fr/offres-theses/sujet.php?num=3036&num_session=1

² denis.brizard@univ-eiffel.fr

³ eric.jacquelin@univ-lyon1.fr

⁴ <https://www.lbmc.ifsttar.fr/>

Pour cela, il faudra dans un premier temps, à l'aide d'une étude bibliographique, recenser les différentes essences de bois envisageables pour la construction de dispositifs entièrement ou partiellement en bois. Il faudra également étudier les lois de comportement spécifiques au bois disponibles dans la littérature scientifique. La loi de comportement devra prendre en compte la vitesse de déformation, paramètre important dans un contexte de sollicitation dynamique (choc de véhicule par exemple).

Une étude expérimentale permettra d'alimenter ces modèles matériaux indispensables à la conception des dispositifs. En effet, les lois matériaux intégrées dans les codes de calcul (LS-DYNA par exemple) dédiées au bois sont génériques et nécessitent ajustements et calibrations [3]. Les travaux de thèse reposeront sur l'utilisation des moyens de caractérisation expérimentale disponibles au laboratoire: des barres de Hopkinson de diamètre 30 pour la caractérisation dynamique de petits échantillons; un système de type bloc-barres [4] de diamètre 80 pour la caractérisation dynamique d'échantillons de plus grande taille ou de petites structures; une machine de traction-compression pour des essais quasi-statiques. Il sera probablement nécessaire de mener des essais à diverses vitesses de déformation (du quasi-statique au dynamique rapide [5]) et à différentes échelles du matériau bois.

Par ailleurs, le matériau bois -pour une essence donnée- peut présenter une variabilité importante de ses propriétés, que ce soit au sein d'un même arbre ou bien d'un arbre à un autre. Il est aussi sujet à divers défauts (noeuds, fentes, roulures, ...). La prise en compte de ces incertitudes et de leur propagation constituera un volet important à traiter tout au long de la thèse, tant au niveau expérimental [6] que dans les modèles numériques développés.

Ce projet s'inscrit dans la continuité des travaux de thèse menés au sein du laboratoire :

- Clément Goubel [7] a étudié la modélisation des barrières mixtes bois-acier (2012);
- Gengjian Qian [8] a appliqué des méthodes d'analyse de sensibilité globale à la modélisation des essais de choc véhicule-barrière (2017);
- Biswarup Bhattacharyya [9] a développé des méthodes de propagation des incertitudes en dynamique rapide (2020).

Rattachement aux axes de recherche Ifsttar

Ce sujet de thèse s'inscrit dans les axes et objectifs de recherche de l'Ifsttar:

- Axe 1: Transporter efficacement et se déplacer en sécurité.
 - Objectif 2: Renforcer la sécurité et l'ergonomie des déplacements, pour une mobilité sereine et respectueuse de la vie humaine.
- Axe 2: Améliorer l'efficience et la résilience des infrastructures.
 - Objectif 5: Contribuer au développement d'une économie circulaire de la construction, par l'accroissement de l'usage de matériaux renouvelables et de bio-matériaux alternatifs

Il s'inscrit aussi dans la scientifique stratégie portant sur l'aménagement durable des territoires.

Valorisation

Il est prévu de valoriser les travaux de thèse par la publication d'articles dans des revues à comité de lecture, ainsi que par la participation à des conférences.

Mots-clefs

Bois, dispositif de retenue de route, mécanique des chocs, modèle matériau, quantification des incertitudes, caractérisation mécanique.

Profil candidat.e

Master en mécanique. Culture appréciée en dynamique rapide (simulation numérique ou expérimental) et/ou matériau bois. Expérience en programmation scientifique (Python, Octave, ...). La motivation du candidat sera un atout.

Context

The vast majority of road restraint systems is made of galvanized steel. These road restraint systems are designed to prevent a vehicle leaving the road from hitting a sideways obstacle. They are installed on hundreds of kilometres along the roads and highways. Urban devices (such as bodyguards, barriers, anti-intrusion bollards) are also mainly made of metallic material.

In a global context of sustainable development, it is now necessary to take into account the embodied energy (sum of all the energy required to produce the goods [1]) and the greenhouse gases emissions of the construction materials that are used at a large scale. Protection devices along the roads and in the urban environment are therefore concerned by these ecological considerations.

Wood has a lower environmental impact than steel [2]. It is however scarcely used for road restraint systems. Wood-steel structures exist, in which a wood covering hides an underlying steel barrier. But in these mixed structures, the wood is only here for aesthetics reasons. It would therefore be appropriate to better make use of the properties of the wood in these applications, i.e. in crash mitigation applications.

Objective

The thesis work will consist in studying the viability of the use of wood material in structural and non-aesthetic applications of impact protection for road users.

The first step will be a bibliographic study to make an inventory of the different wood species that would be worth considering for the construction of devices made entirely or partially of wood. It will also be necessary to study the material laws for wood available in the scientific literature. The material law must take into account the strain rate, which is an important parameter in the context of impact mechanics and crash mitigation.

An experimental study will follow, to feed the material laws which are necessary for the design and simulation of these safety devices. Indeed, the material laws integrated in the finite element programs (e.g. LS-DYNA) and dedicated to wood are generic and require adjustments and calibrations [3]. The thesis work will be based on the use of the experimental characterization facilities available in the laboratory: Split Hopkinson Pressure Bars with a diameter of 30 for the dynamic testing of small samples; block-bar device with a diameter of 80 for the dynamic testing of larger samples or small structures; universal testing machine for static tests. It will likely be necessary to conduct tests at various deformation rates (from quasi-static to high strain rate [5]) and at various scales of the wood material.

Furthermore, wood -for a given species- can exhibit an important variability of its properties, be it within the same tree or from one tree to another. It is also subject to various defects (knots, cracks, shakes, etc.). These uncertainties have to be considered and uncertainty propagation will be an important aspect to be considered throughout the thesis, both at the experimental level [6] and in the numerical models developed.

This project is in the continuity of the previous PhD work carried out in the laboratory:

- Clément Goubel [7] has studied the modelling of wood-steel barriers (2012);
- Gengjian Qian [8] has applied global sensitivity analysis methods to the simulation of vehicle impacting road restraint systems (2017);
- Biswarup Bhattacharyya [9] has developed uncertainty propagation methods which can be applied to impact mechanics (2020).

Link to Ifsttar scientific strategy

This work is part of the scientific strategy of Ifsttar: it can be linked to the research axes 1 (Mobility and safety) and 2 (infrastructure). It is also part of the scientific strategy of Ifsttar on the sustainable arrangement of territories.

Valorization

The results of the work are intended to be published in peer-reviewed international journals. Participation to international or national conferences is also expected.

Keywords

Wood, road restraint system, impact mechanics, material law, uncertainty quantification and propagation, mechanical characterization.

Candidate profile

Master in mechanics. Impact mechanics knowledge would be a appreciated (numerical simulation or experimental work), as well as knowledge on wood material. Scientific programming experience (Python, Octave, ...). Motivation of the candidate will be an advantage.

Références

- [1] Manish K. Dixit. Embodied energy and cost of building materials : correlation analysis. *Building Research & Information*, 45(5) :508–523, July 2017.
- [2] Chihiro Kayo and Ryu Noda. Climate change mitigation potential of wood use in civil engineering in Japan based on life-cycle assessment. *Sustainability*, 10(2) :561, February 2018.
- [3] Y. D. Murray, J. D. Reid, R. K. Faller, B. W. Bielenberg, and T. J. Paulsen. Evaluation of LS-DYNA Wood Material Model 143. Technical Report FHWA-HRT-04-096, August 2005.
- [4] E. Jacquelin and P. Hamelin. Block-bar device for energy absorption analysis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 15(3) :603–617, May 2001.
- [5] Tiberiu Polocoer, Bohumil Kasal, and Frank Stöckel. State-of-the-art: intermediate and high strain rate testing of solid wood. *Wood Science and Technology*, pages 1–56, June 2017.
- [6] D. Brizard, S. Ronel, and E. Jacquelin. Estimating Measurement Uncertainty on Stress-Strain Curves from SHPB. *Experimental Mechanics*, 57(5) :735–742, June 2017.
- [7] C. Goubel, M. Massenzio, and S. Ronel. Wood–steel structure for road-side safety barriers. *International Journal of Crashworthiness*, 17(1) :63–73, February 2012.
- [8] Gengjian Qian. Analyse de sensibilité et robustesse dans le génie industriel - Méthodologies et applications aux essais de chocs. PhD thesis, Université Claude Bernard - Lyon 1, Lyon, France, April 2017.
- [9] Bhattacharyya Biswarup, Jacquelin Eric, & Brizard Denis. (2020). A Kriging-NARX Model for Uncertainty Quantification of Nonlinear Stochastic Dynamical Systems in Time Domain. *Journal of Engineering Mechanics*, 146(7), 04020070.