

Contrôle des Vitesses d'Impact d'un Système Mécatronique de Barres Hopkinson avec Commande Robuste de la Pression, Calibration Numérique de la Mesure des Ondes de Déformation et Analyse Inverse

A. GAVRUS^a, S. GUEGAN^a, F. MARCO^a

a. INSA Rennes - LGCGM (EA 3913), Université Bretagne Loire (UBL), 20 Av. des Buttes de Coësmes, 35708, Rennes, France, adinel.gavrus@insa-rennes

Résumé

Cette recherche scientifique porte sur la conception expérimentale et une analyse hybride analytique-numérique du banc d'essais mécatronique de Barres Hopkinson (SHPB) à compression pneumatique et haute vitesse développé à l'INSA de Rennes (France) - Laboratoire GCGM. Les principaux objectifs sont d'analyser et décrire le système mécatronique de propulsion pneumatique et d'acquisition de données en termes de vitesse d'impact, voir des ondes de choc de déformation élastique, les performances en termes de prévision de la vitesse d'impact fonction de la commande et consigne en pression, ainsi qu'une nouvelle méthode de calibration et d'étalonnage numérique. La méthode de mesure et d'estimation de la courbe vitesse-pression par interpolation avec fonctions splines cubiques d'Hermite est présentée ensemble avec l'analyse numérique des signaux élastiques de déformation. Les techniques proposées utilisent l'identification d'un modèle analytique de description de la phase de propulsion prenant en compte les effets de frottement et un calage numérique avec la simulation complète éléments finis (EF) de l'ensemble de dispositif SHPB). Ceci prend en compte un modèle élasto-dynamique d'équilibre afin de décrire la propagation des ondes de choc élastiques et toutes les interactions mécaniques dynamiques aux interfaces de contact entre la barre d'impact lancé à une vitesse imposée, la barre incidente et la barre réceptrice. En tant qu'application réelle du modèle EF complet proposé, sur la base des travaux de recherche antérieurs et actuels à l'INSA de Rennes, une technique d'analyse inverse en deux étapes sera illustrée afin de pouvoir identifier avec précision les lois constitutives du comportement thermomécanique de matériaux soumis à des grandes vitesses de déformation, déformations plastiques important et températures élevées, voir surtout lors des forts gradients de la déformation plastique, du taux de déformation et de la température.

Abstract

This scientific research focuses on the experimental design and a hybrid analytical-numerical analysis of the high-speed pneumatic and high-speed compression Split Hopkinson Pressure Bars (SHPB) mechatronics test bench developed at INSA Rennes (France) - GCGM Laboratory. The main objectives are to analyze and describe the mechatronic system of a pneumatic propulsion and data acquisition in terms of impact velocity, elastic deformation shock waves, performance in terms of impact velocity prediction function of pressure driving and set point, as well as a new numerical calibration method. The method for measuring and estimating of the velocity-pressure curve using the Hermite cubic splines interpolation is presented together with the numerical analysis of elastic

deformation signals. The proposed techniques use the identification of an analytical model describing the striker propulsion taking into account the effects of friction and a numerical calibration via a complete finite element (FE) simulation of SHPB device. This takes into account an elastic-dynamic equilibrium model to describe the propagation of elastic shock waves and all dynamic mechanical interactions at the contact interfaces between the impact bar launched at an imposed speed, the incident bar and the sending bar. As a real application of the proposed full FE model, based on previous and current research at INSA Rennes, a two-step inverse analysis technique will be illustrated in order to identify the constitutive laws of thermomechanical materials behavior subjected to high deformation rates, large plastic deformations and high temperatures, especially when high gradients of plastic deformation, deformation rate and temperature occur during the material loading.

Mots clefs : Barres Hopkinson (SHPB), Estimation Vitesse d'Impact, Etalonnage Hybride Analytique-Numérique, Modélisation Complète Éléments Finis, Calibration Numérique, Analyse Inverse

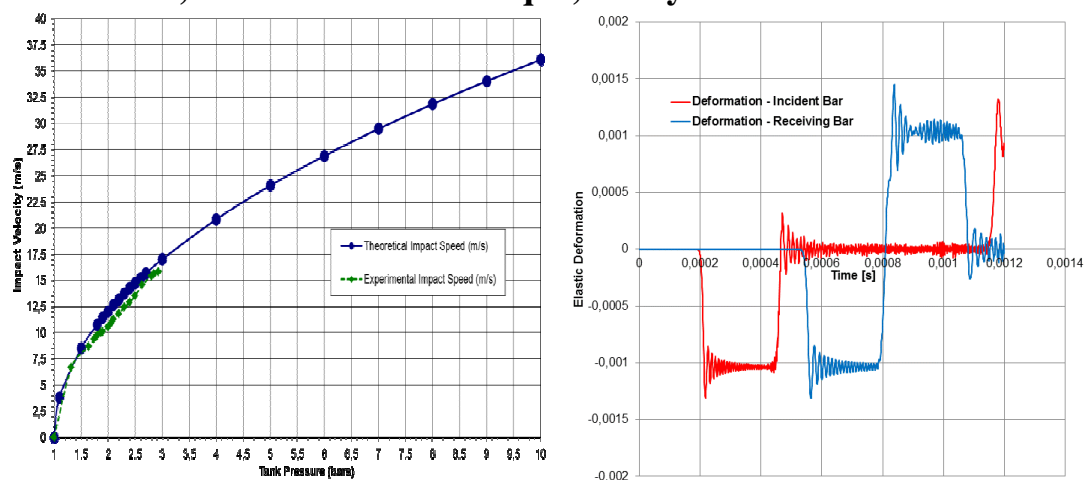


Fig.1. Comparison of experimental and theoretical impact velocities considering a friction coefficient $\mu = 0$ ($v_{impact} = \sqrt{(2Vol_{tank} / m_{striker}) \ln \left[1 + (l_{displacement} S_{gun} / Vol_{tank}) \right] \exp(-4\mu l_{friction} / D_{gun}) \cdot \sqrt{(p_{tank} - p_{atm})}}$) together with the numerical elastic deformations of SHPB bars obtained from a Finite Element simulation of the entire system

Références

- [1] A. Gavrus, J -P. Le Baron, P. Caestecker, E. Ragneau, Investigation of High Speed Behaviour of Ductile Materials by Computer Simulation and Hopkinson Experimental Test, Int. Conf. on Advances in Mechanical Behaviour, Plasticity and Damage, EUROMAT 2000, Tours, France, 7-9 Nov., 2000
- [2] A. Gavrus, P. Caestecker, E. Ragneau, B. Davoodi, Analysis of the dynamic SHPB test using the finite element simulations, J. de Phys. IV, EDP Sciences (Eur. Phys. J.), 110 (2003), 353-358
- [3] B. Davoodi, A. Gavrus, E. Ragneau, An experimental and numerical analysis of the heat transfer problem in SHPB at elevated temperatures", Meas. Sci. Technol. 16 (2005), 2101-2108
- [4] A. Gavrus, B. Davoodi, E. Ragneau, A study of material constitutive behaviour at elevated temperature from compressive SHPB test using an inverse analysis method, J. de Phys. IV, EDP Sciences (Eur. Phys. J.), 134 (2006), 661-666
- [5] A. Gavrus, F. Bucur, A. Rotariu, S. Cananau, Mechanical Behavior Analysis of Metallic Materials using a Finite Element Modeling of the SHPB Test, a Numerical Calibration of the Bar's Elastic Strains and an Inverse Analysis Method", Int. J. of Mat. Forming, 8 (4) (2015), 567-579
- [6] Adinel Gavrus, Fabien Marco, Sylvain Guegan, Experimental Design, Modelling and Numerical Calibration of a High Speed SHPB Mechatronic System Using a Pneumatic Propulsion Device, Proc. of 23th Int. Conf. on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX 2017, Govora, Romania, 8-10 Nov. 2017