



**HAL**  
open science

## Identification du frottement entre un explosif et son confinement en acier

Bastien Durand, Franck Delvare, Patrice Bailly, Didier Picart

► **To cite this version:**

Bastien Durand, Franck Delvare, Patrice Bailly, Didier Picart. Identification du frottement entre un explosif et son confinement en acier. 21ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2013, Bordeaux, France. hal-01556022

**HAL Id: hal-01556022**

**<https://hal.science/hal-01556022>**

Submitted on 4 Jul 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Identification du frottement entre un explosif et son confinement en acier

B. DURAND<sup>a,b</sup>, F. DELVARE<sup>c</sup>, P. BAILLY<sup>b</sup>, D. PICART<sup>a</sup>

a. CEA, DAM, Le Ripault, F-37260 Monts

b. ENSI Bourges, Laboratoire PRISME, F-18020 Bourges, France

c. Université de Caen Basse-Normandie, UMR 6139, Laboratoire Nicolas Oresme, F-14032 Caen, France

## Résumé :

L'objectif de cette étude est de caractériser le frottement entre un explosif et son confinement en acier. Les pressions de contact visées sont de l'ordre de la centaine de MPa. Un essai est modélisé afin d'établir la relation entre la loi de frottement et les grandeurs mesurables.

## Abstract :

The aim of this study is to characterise the friction between an explosive sample and its steel confinement cell. The desired contact pressures are of the order of 100MPa. A test is modelled to determine the relation between the friction law and the measurable quantities.

**Mots clefs :** identification, frottement, confinement

## 1 Contexte et objectif de l'étude

Dans une structure pyrotechnique, le lieu et l'instant de l'amorçage de la réaction chimique au sein d'un échantillon d'explosif confiné dépendent fortement des conditions d'interface. Pour cette raison, la connaissance des paramètres régissant le comportement à l'interface entre l'explosif et les matériaux de confinement est primordiale [1-4]. L'objectif est donc de développer une procédure permettant de caractériser le frottement entre un matériau énergétique et un confinement en acier. Le domaine d'étude est celui des fortes pressions de contact (de l'ordre de la centaine de MPa). La faible cohésion du matériau énergétique étudié [4] ne lui permettant pas de résister à un essai de frottement classique mené à de telles pressions, une situation de confinement est nécessaire pour maintenir son intégrité mécanique. Un échantillon cylindrique d'explosif est donc inséré en force dans un tube en acier qui sert de confinement (figure 1).

## 2 Procédure d'identification du coefficient de frottement : modélisation

Le tube en acier fait office de confinement pour le matériau énergétique mais aussi de surface de frottement. La pression de contact à l'interface confinement-échantillon est induite par deux forces de compression d'intensité différente appliquées aux deux extrémités de l'échantillon mais aussi par le fait que le confinement en acier s'oppose à la dilatation radiale de l'échantillon par effet Poisson. Dans notre configuration, les contraintes sont hétérogènes et nous n'avons pas d'accès direct pour les mesurer au niveau de l'interface.



FIG. 1 – Dispositif expérimental avec sens du mouvement entre échantillon et tube (à gauche) et modèle simplifié avec définition de la coordonnée et des forces appliquées sur chacune des faces de l'échantillon (à droite).

Il est donc nécessaire d'établir une procédure d'identification de la répartition de la pression  $p(z)$  et de la contrainte tangentielle  $\tau(z)$  le long de l'interface et a posteriori du coefficient de frottement  $f$  à partir des seules données des forces axiales (figure 1). Cette procédure est basée sur une modélisation simplifiée dont les hypothèses sont :

- état de frottement (de type Coulomb) avec glissement en tout point de l'interface ;
- échantillon de matériau énergétique très élastique et restant dans le domaine élastique ;
- tube en acier considéré comme indéformable car de raideur très supérieure à celle de l'explosif.

Ces hypothèses impliquent un découplage entre les comportements du tube et de l'échantillon et permettent la détermination des profils  $p(z)$  et  $\tau(z)$  ainsi que l'établissement de la relation entre  $f$  et les forces axiales :

$$p(z) = \frac{F_f \nu \exp\left(\frac{2f\nu z}{(1-\nu)R}\right)}{\pi(1-\nu)R^2 \left[ \exp\left(\frac{2f\nu L}{(1-\nu)R}\right) - 1 \right]} \text{ et } \tau(z) = f \times p(z) \quad (1)$$

$$F_f = \left[ 1 - \exp\left(-\frac{2f\nu L}{R(1-\nu)}\right) \right] \left( F_m + \frac{\pi E R u_{ri}}{\nu} \right) \quad (2)$$

où  $E$ ,  $\nu$ ,  $R$  et  $L$  désignent respectivement le module d'Young, le coefficient de Poisson, le rayon et la longueur de l'échantillon ;  $z$  la coordonnée (figure 1) ;  $u_{ri}$  la différence initiale de rayon entre l'échantillon et l'intérieur du tube ( $u_{ri} < 0$  si on a un jeu et  $u_{ri} > 0$  si on a une surépaisseur) ;  $F_f$  la différence entre les deux forces de compression mais aussi l'intégrale sur l'interface de  $\tau(z)$  et  $F_m$  la plus grande des deux forces appliquées aux extrémités (figure 1).

La relation (2) montre que  $F_f$  est une fonction affine de  $F_m$  et qu'une valeur approchée du coefficient de frottement  $f$  peut être obtenue à partir de la pente de cette fonction.

### 3 Validité de la procédure d'identification et expérimentation

Afin de vérifier la validité de la procédure d'identification, nous avons réalisé des simulations numériques de l'ensemble du système en utilisant la méthode des éléments finis (logiciel ABAQUS CAE / Standard). Les simulations, effectuées avec plusieurs valeurs de  $f$ , permettent d'obtenir une relation numérique entre  $f$  et la pente de la fonction affine. Les résultats numériques prouvent la validité de la relation (2) pour des valeurs usuelles du coefficient de frottement. Enfin, la procédure d'identification a été utilisée pour interpréter des données issues d'expérimentations, que nous avons réalisées, au cours desquelles les évolutions des forces  $F_m$  et  $F_f$  ont été enregistrées mais aussi des mesures surabondantes de déformations sur la face externe du tube. Ces données expérimentales ont été utilisées en entrée de notre procédure d'identification. Elles ont aussi été comparées aux résultats de simulations numériques permettant ainsi de prouver la validité de notre technique d'identification.

### Références

- [1] Picart D., Delmaire-Sizes F., Gruau C., Trumel H., Ignition of HMX-based PBX submitted to impact: strain localization and boundary conditions, 16<sup>th</sup> Conference of the American Physical Society Topical Group on Shock Compression of Condensed Matter, 2009.
- [2] Hoffman, Chandler J.B., Aspect of the tribology of the plastic bonded explosive LX-04, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 29, 368-373, 2004.
- [3] Dickson P.M., Parker G.R., Smilowitz L.B., Zucker J.M., Asay B.W., Frictional Heating and Ignition of Energetic Materials, CP845, Conference of the American Physical Society Topical Group on Shock Compression of Condensed Matter, 1057-1060, 2005.
- [4] Gruau C., Picart D., Belmas R., Bouton E., Delmaire-Sizes F., Sabatier J., Trumel H., Ignition of a confined high explosive under low velocity impact, International Journal of Impact Engineering, 36, 537-550, 2008.