

# METHODE EXPERIMENTALE POUR LA MESURE DE L'EVOLUTION DES EFFORTS LORS D'INTERACTION DE TRES COURTE DUREE

A. Andrea Cappella<sup>1</sup>, B. Julien Vincent<sup>1</sup>, C. Sylvain Philippon<sup>1</sup> et D. Laurent Faure<sup>2</sup>

1. Laboratoire de mécanique Biomécanique, Polymère, Structures (LaBPS), EA4632, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz (ENIM), F-57012 Metz Cedex 01, France
2. Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3), CNRS UMR 7239, Université de Lorraine (UL), F-57012 Metz Cedex 01, France

## MOTS CLES

Mesure d'efforts, Analyse modale, Coupe à très grande vitesse, Revêtement abrasable, Usure

## INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est de mesurer l'évolution temporelle des 3 composantes d'effort générées lors d'interactions aube/abrasable de très courte durée à grande vitesse d'interaction pour de faibles profondeurs d'incursion. Les efforts ainsi mesurés devront ensuite être comparés aux profils d'usure mesurés post-mortem. Afin de répondre à cette problématique, il a été nécessaire d'améliorer le banc d'essai pour augmenter sa rigidité (limiter les variations de profondeur d'incursion) et améliorer son comportement dynamique (augmentation de la bande passante naturelle). Une méthode de compensation de l'influence du comportement dynamique de la structure sur la mesure [1], basée sur l'analyse modale expérimentale [2], permettant d'étendre la bande passante disponible est ici présentée.

## TECHNIQUE EXPERIMENTALE

Pour étudier ces interactions, un dynamomètre triaxial à large bande passante a été développé sur la base de l'existant [3]. Celui-ci permet de mesurer les efforts lors d'interactions à très grande vitesse (30 à 300 m/s) entre un outil rigide reprenant la géométrie de l'extrémité d'aube et une éprouvette propulsée à l'aide d'un banc balistique. Des interactions à vitesse et profondeur d'incursion constantes sont ainsi générées durant ces essais s'apparentant à des essais de coupe. Pour propulser le projectile un canon à gaz comprimé a été utilisé (voir figure 1-a). Un système de déclenchement permet de libérer très rapidement le gaz stocké dans la chambre à haute pression qui propulsera le projectile le long du tube jusqu'au dispositif de mesure (cf. figure 1-b) où se trouve l'outil de coupe et le capteur d'effort tri-axial.

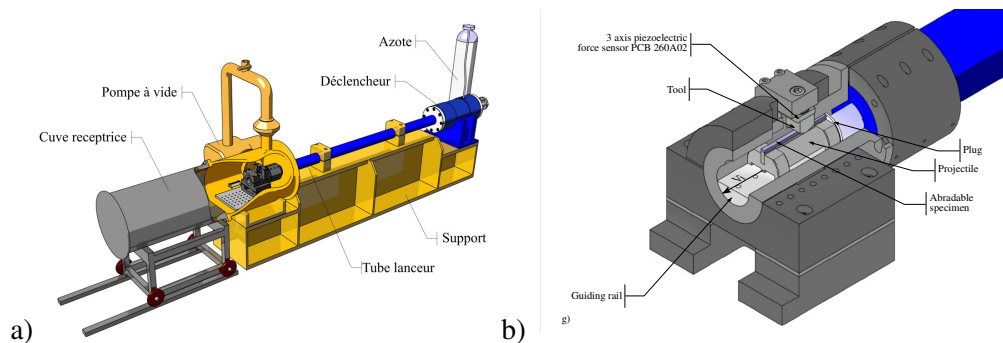


Figure 1: a) Banc balistique pour des essais d'interaction à grande vitesse b) Dispositif de mesure représentant la configuration de l'interaction.

La bande passante nécessaire à la mesure d'efforts pour ces interactions de très courte durée ( $t < 1$  ms) ne peut être obtenue naturellement du fait de l'influence de la dynamique de la structure sur la mesure. Une méthode de correction basée sur l'analyse modale expérimentale à l'aide d'un pot vibrant a alors été mise en œuvre afin d'étendre cette bande passante tout en atténuant les couplages dynamiques existants entre les différentes voies de mesure.

## RESULTATS ET CONCLUSIONS

Afin de valider la méthode développée, un essai d'interaction entre un outil rigide en Ti6Al4V et un matériau abrasable a été réalisé pour une vitesse d'interaction de 210 m/s avec une profondeur théorique, fixée par la position de l'outil, de  $100 \mu\text{m}$ .

La figure 3-a montre les résultats d'efforts bruts mesurés par le capteur piézoélectrique dans la direction de coupe et dans la direction normale. Sans corrections les signaux présentent des oscillations non-négligeables dues au comportement dynamique de la structure. Après correction des efforts, l'effet de la dynamique de la structure sur la mesure est largement atténué (cf. figure 3-b).

Du fait du jeu de guidage du projectile, la profondeur d'incursion réelle est amenée à varier durant l'essai. Après essai, une mesure de l'usure du revêtement a été réalisée post-mortem sur l'éprouvette. La figure 3-c présente l'évolution de cette usure au cours de l'interaction en comparaison aux efforts filtrés à l'aide d'un passe-bas à 10 kHz et aux efforts corrigés.

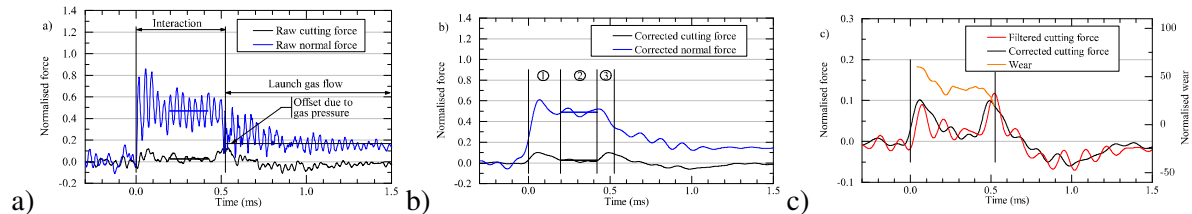


Figure 2: Résultats pour un essai d'interaction à 210 m/s. a) Efforts bruts. b) Efforts corrigés. c) Comparaison usure, effort filtré, effort corrigé

Les modifications apportées au dispositif de mesure et la méthode de correction mise en œuvre ont ainsi permis d'améliorer la bande passante disponible et donc la précision de la mesure. Il est alors possible de corréler les profils d'usure mesurés aux efforts à chaque instant et de lier les efforts aux endommagements du revêtement abrasables observés.

## RÉFÉRENCES

- [1] M. Cuny, S. Philippon, P. Chevrier, and F. Garcin, "Experimental measurement of dynamic forces generated during short-duration contacts: application to blade-casing interactions in aircraft engines," *Exp. Mech.*, vol. 54, no. 2, pp. 101–114, 2013.
- [2] D. J. Ewins, *Modal testing : Theory, practice and application. Second Edition.* 2008.
- [3] J. Vincent, "Etude expérimentale des interactions aube-abradable : influence du matériau et de sa microstructure," 2015.