



THÈSE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1
sous le sceau de l'Université Européenne de Bretagne

pour le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Mention : Mécanique

SDLM

présentée par

Ngoc Hiep Le

préparée à l'unité de recherche LARMAUR
(Laboratoire de Mécanique Appliquée de l'Université de Rennes 1)

**Contribution
à l'étude de l'essai
de rayage des verres**

**Thèse soutenue à Rennes
le 25 novembre 2013**

devant le jury composé de :

Eric le Bourhis

Professeur des Universités
Université de Poitiers
Rapporteur

Marc Fivel

Directeur de Recherche
Université de Grenoble
Rapporteur

Vincent Keryvin

Professeur des Universités
Université de Bretagne Sud
Examineur

Jean-Christophe Sangleboeuf

Professeur des Universités
Université de Rennes 1
Directeur de thèse

Ludovic Charleux

Maître de conférences
Université de Savoie
Co-directeur de thèse

Contribution à l'étude de l'essai de rayage des verres

Ce travail de thèse contribue à étudier le comportement élasto-plastique au rayage du verre métallique massif $Zr_{55}Cu_{30}Al_{10}Ni_5$ par la méthode des éléments finis (MEF) et expérimentaux. Le critère de plasticité de type Drucker-Prager est utilisé, une méthode de remaillage est proposée afin d'éviter le problème de convergence qui vient de la grande contrainte cisaillement. Pour cela, le comportement au rayage est étudié par le changement de l'angle d'attaque, du coefficient de frottement local entre le matériau et l'indenteur. Ces influences sont valorisés par l'évolution des forces rayures, par la morphologie de l'échantillon, et ils montrent le mécanisme de changement des modes de rayage : du labourage à l'usinage avec la formation des copeaux. Les essais sont réalisés à l'aide de l'équipement du LARMAUR : Un nano-triboindenteur de type Hysitron Ti-950. La comparaison des résultats simulés et expérimentaux nous permet de évaluer la loi comportement utilisé et d'estimer la valeur de coefficient de frottement entre le matériau et l'indenteur.

Mots clés verre métallique, rayage, Méthode des Eléments Finis, Abaqus.

A contribution to the modeling of the scratch test response of glasses

This thesis contributes to modeling of the elasto-plastic behavior in scratch test of a $Zr_{55}Cu_{30}Al_{10}Ni_5$ Bulk Metallic Glasses (BMG) by the finite element method and by experimental testing. The Drucker-Prager criterion is used and dedicated re-meshing method is proposed in order to solve the numerical problems classically encountered when modeling such a test and this with a controlled element population. The influence of friction coefficient as well as the angle of attack are investigated to understand the occurrence of two deformation mechanisms : plowing and cutting. The test is realized by using the LARMAUR's equipment : nano triboindenter Hysitron Ti-950. The result of experimental and simulation are confronted the finite element simulations.

Keywords BMG, scratch, FEM, Abaqus standard, plasticity behaviour
