



### **Science Arts & Métiers (SAM)**

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>  
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/11958>

#### **To cite this version :**

Stephania KOSSMAN, Didier CHICOT, Alain IOST, Thierry COOREVITS - Modelisation de la courbe de decharge en indentation instrumentee - 2016

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : [scienceouverte@ensam.eu](mailto:scienceouverte@ensam.eu)



## MODELISATION DE LA COURBE DE DECHARGE EN INDENTATION INSTRUMENTEE.

S. Kossman<sup>1</sup>, T. Coorevits<sup>2</sup>, D. Chicot<sup>1</sup>, A. Iost<sup>2</sup>,

1 : Université Lille Nord de France, USTL, LML, CNRS, UMR 8107, F-59650 Villeneuve d'Ascq, France

2 : MSMP, Arts et Métiers ParisTech, 8, Boulevard Louis XIV, 59000 Lille Cedex, France

### Mots clé

Courbe de décharge, modèle d'Oliver et Pharr,

### INTRODUCTION

Lors d'un essai d'indentation instrumentée, la courbe de décharge force – déplacement, qui correspond à un retour élastique du matériau pendant le retrait de l'indenteur, est utilisée pour estimer le module d'Young du matériau étudié. Un premier modèle proposé par Doerner et Nix en 1986 [1] assumait la décharge comme linéaire, en supposant que l'aire de contact était constante pendant la décharge, mais le modèle le plus utilisé est celui proposé par Oliver et Pharr en 1992 [2] pour décrire la courbe à la décharge selon une relation puissance (1) :

$$P = A (h - h_f)^m \quad (1)$$

où  $P$  est la charge appliquée et  $h$  le déplacement de l'indenteur correspondant (Figure 1) ;  $A$ ,  $H_f$  et  $m$  sont des constantes optimisées par régression linéaire pour minimiser la différence entre la courbe expérimentale et celle modélisée.

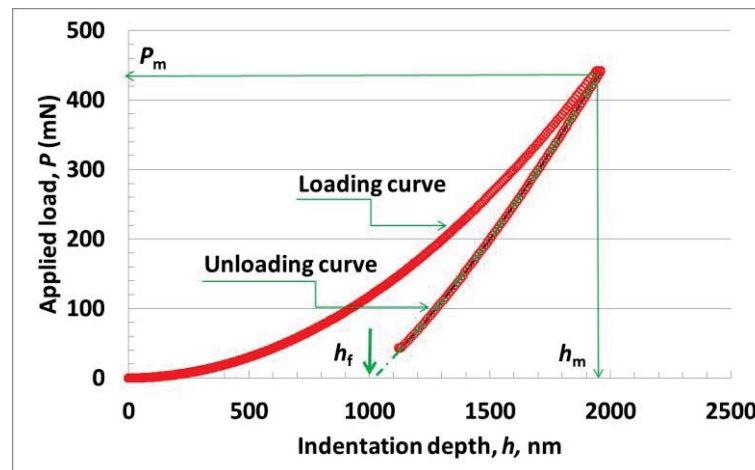


Figure 1 : représentation de la courbe d'indentation instrumentée et de la modélisation de la décharge élastique selon le modèle d'Oliver et Pharr [2] (essai effectué sur échantillon de référence en silice)

La présence de trois paramètres utilisés pour décrire le retour élastique ainsi que la relation puissance impliquent que ces paramètres ne sont pas indépendants et qu'ils sont reliés par une équation du type  $m = \alpha + \beta \ln A$  comme rapporté pour les essais de traction [3], de fatigue fissuration [4], de dureté [5] ou de fluage [6].

L'ajustement de la courbe de décharge par Oliver et Pharr se base sur la minimisation par moindres carrés des écart-types en  $y$ , c'est-à-dire sur la force décrite comme variable dépendante, le déplacement étant la variable indépendante.

Cependant, il est connu que les capteurs de force sont très précis, alors que la mesure du déplacement est souvent problématique parce que généralement relative. C'est-à-dire que les différences entre le modèle et les données expérimentales devraient être liées au déplacement et non à la force.

Nous proposons de décrire la courbe de décharge en indentation par la relation suivante, où le déplacement est la variable dépendante et la force la variable indépendante.

$$h = h_f + G P^n \quad (2)$$

où  $h_f$ ,  $G$  et  $n$  sont les paramètres de l'ajustement non linéaire.

Nous avons comparé les équations (1) et (2) pour différents matériaux massifs et mis en évidence une meilleure convergence pour la relation (2), principalement lorsque la pente à la décharge est importante, c'est-à-dire pour les matériaux les plus rigides. Dans le cas des matériaux comme la silice, la réponse et l'estimation des coefficients par les deux modèles ne présentent pas de différence importante.

La dépendance entre les paramètres du modèle d'Oliver et Pharr et celui proposé dans ce travail sont étudiées. Les résidus sont évalués pour déterminer la validité du modèle proposé et comparés avec ceux du modèle d'Oliver et Pharr en fonction du module d'Young des matériaux considérés.

## CONCLUSION

Le modèle proposé dans ce travail s'ajuste très bien à la courbe de décharge. En général, il permet calculer les coefficients avec une meilleure précision pour les matériaux rigides.

## Références

- [1] M. F. Doerner and W. D. Nix, *A method for interpreting the data from depth-sensing indentation instruments*, Journal of Materials Research, **1** (04), pages 601-609, 1986.
- [2] W. C. Oliver and G. M. Pharr, *An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments*, Journal of Materials Research, **7** ( 6) pages 1564–1583, 1992.
- [3] J. Isselin, A. Iost, J. Golek, D. Najjar, and M. Bigerelle, *Assessment of the constitutive law by inverse methodology: Small punch test and hardness*, Journal of Nuclear Materials, **352** (1–3), pages 97-106, 2006
- [4] A. Iost, and J. Lesage, *On the existence of a pivot point for stage II fatigue crack growth*, Engineering fracture mechanics, **36** (4), pages 585-596, 1990.
- [5] A. Iost, G. Guillemot, Y. Rudermann, and M. Bigerelle, *A comparison of models for predicting the true hardness of thin films*. Thin Solid Films, **524**, pages 229-237, 2012.
- [6] A. Iost, *The correlation between the power-law coefficients in creep: the temperature dependence*, Journal of Materials Science, **33** (12), pages 3201-3206, 1998.