



### **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/10985/11629>

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

Said GRAIRIA, Yacine CHRAIT, Alex MONTAGNE, Alain IOST, Didier CHICOT - Application de l'indentation à l'étude de la tenacité apparente d'interface dans un béton armé - 2016

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

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



## APPLICATION DE L'INDENTATION A L'ETUDE DE LA TENACITE APPARENTE D'INTERFACE DANS UN BETON ARME

Said Grairia<sup>1\*</sup>, Yacine Chrait<sup>1</sup>, Alex Montagne<sup>2</sup>, Alain Iost<sup>2</sup>, Didier Chicot<sup>3</sup>

1 : Laboratory of Civil engineering and Hydraulic - LGCH, University Guelma , Algeria.

2 : Laboratory of Mechanics, Surfaces and Materials Processing – MSMP EA 7350, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Lille, France.

3 : Laboratoire Mécanique de Lille - LML UMR 8107, Université des Sciences et Techniques de Lille, Villeneuve d'Ascq, France.

\* : s.grairia@hotmail.fr

### Mots clé

Ténacité apparente d'interface, Adhérence, Bétons autoplaçants à hautes performances

### INTRODUCTION

La détermination de l'adhérence d'un béton sur une armature en acier fait très souvent appel à des techniques difficiles à mettre en œuvre et nécessite la plupart du temps une préparation longue et complexe de l'échantillon. Dans cette étude nous proposons d'étudier la ténacité apparente d'interface entre un béton et son armature métallique, par des essais de macroindentation instrumentée.

Le principe, relativement simple, consiste à créer et à propager une fissure le long de l'interface béton/armature acier.

### PROTOCOLE EXPERIMENTAL

L'équation pour calculer la ténacité interfaciale apparente  $K_{ca}$  est donnée par [1, 2] :

$$K_{ca} = 0,015 \cdot \frac{P_c}{a_c^{3/2}} \cdot \left( \frac{E}{H} \right)_i^{1/2}$$

où  $P_c$  and  $a_c$  sont respectivement la charge critique et la longueur de fissure correspondante,  $(E/H)_i^{1/2}$  est la racine carrée du rapport entre le module élastique (E) et la dureté (H) de l'interface, exprimée à partir des propriétés mécaniques des deux matériaux seuls :

$$\left( \frac{E}{H} \right)_i^{1/2} = \frac{\left( \frac{E}{H} \right)_s^{1/2}}{1 + \left( \frac{H_s}{H_c} \right)_i^{1/2}} + \frac{\left( \frac{E}{H} \right)_c^{1/2}}{1 + \left( \frac{H_c}{H_s} \right)_i^{1/2}}$$

où E est le module élastique, H la dureté, et les indices S, C et i se réfèrent à l'acier, à la matrice cimentaire et à l'interface respectivement. La dureté et le module du béton et de l'armature métallique sont obtenus par essais de nanoindentation Berkovich.

La formation de fissure à l'interface béton/acier est réalisée par le contact d'un indenteur Vickers à la surface de l'échantillon. Les essais sont réalisées avec le macroindenteur instrumenté Zwick ZHU 2,5 permettant l'enregistrement continu de la charge et du déplacement. Les charges utilisées varient de 400 à 1200 N par pas de 200 N.

La longueur des fissures est déterminée directement après le retrait de l'indenteur grâce au microscope optique couplé à l'indenteur.

Deux bétons sont étudiés : un béton vibré hautes performances (BVHP) et un béton autoplaçant à hautes performances (BAPHP). Ces bétons ont une résistance à la compression identique de 37 MPa. La résistance à la compression est ajustée en modifiant, pour chaque béton, la quantité de ciment et donc le rapport eau/liant dans le mélange. Les deux échantillons, préparés en laboratoire dans des conditions contrôlées et répétables, présentent la même épaisseur de 18 mm et ont tous deux été polis mécaniquement.

## RESULTATS

Après démoulage, le BAPHP présente un meilleur fini de surface : les bords et les angles sont très nets comparé au BVHP. Cela est dû à l'excellente capacité de remplissage du BAPHP, y compris pour les particules fines.

Les essais de nanoindentation montrent des différences de propriétés mécaniques entre les différents bétons :  $H = 1,57$  et  $1,99$  GPa,  $E = 128,3$  et  $34,9$  GPa pour le BAPHP et BVHP respectivement.

Les essais de macroindentation révèlent que la ténacité apparente d'interface  $K_{ca}$  du BAPHP/acier est plus élevée que celle du BVHP/acier,  $2,33$  et  $2,03$  MPa.mm<sup>1/2</sup> respectivement. L'augmentation de la ténacité apparente d'interface pour le BAPHP est attribuée aux différents rapports eau/liant de  $0,41$  pour le BAPHP et de  $0,53$  pour le BVHP. La réduction de la quantité d'eau pour le BAPHP limite la formation de pores lors de la prise du béton. De plus, les propriétés « autoplaçantes » de ce béton répartissent plus uniformément les particules fines telles que la fumée de silice et les fillers calcaires, en particulier à proximité de l'interface béton/acier. Ces particules remplissent les micro-vides et rendent l'interface plus compact, et donc plus tenace.

## CONCLUSION

Cette étude montre l'apport de l'indentation dans la détermination de l'adhérence interfaciale entre un substrat et un revêtement même épais. De plus, il est montré que pour des bétons présentant les mêmes propriétés obtenues par des méthodes classiques, l'indentation révèle des disparités dans le module, la dureté et la ténacité apparente d'interface.

## Références

- [1] D. Chicot, P. Démarécaux et J. Lesage, *Apparent interface toughness of substrate and coating couples from indentation tests*, Thin Solid Films, **283** (1–2), pages 151–157, 1996.
- [2] D. Chicot, G. Marot, P. Araujo, N. Horny, A. Tricoteaux, M. H. Staia et J. Lesage, *Effect of some thermal treatments on interface adhesion toughness of various thick thermal spray coatings*, Surface Engineering, **22** (5), pages 390–398, 2006.