

Résumé : Cette thèse de doctorat a pour cadre l'étude des mécanismes physiques qui régissent la propagation d'une fissure dans les verres d'oxydes et questionne notamment l'existence et la portée de mécanismes dissipatifs aux petites échelles. Pour ce faire, la propagation sous critique d'une fissure est pilotée par un chargement en géométrie *Double Cleavage Drilled Compression* sous environnement contrôlé. Elle fait alors l'objet d'analyses expérimentales in-situ et postmortem sur plus de six décades d'échelles de longueur (du nm au mm) par techniques optiques et microscopie à force atomique (AFM). Une analyse 2D/3D de l'échantillon est réalisée en mécanique linéaire élastique de la rupture pour pouvoir assurer le contrôle à toutes les échelles de l'essai mécanique et exploiter les résultats.

- L'effet mécanique du condensat capillaire observé par AFM en pointe de fissure est modélisé sur l'exemple du modèle de zone cohésive. Ceci permet d'évaluer la pression de Laplace négative du liquide confiné et d'expliquer le mécanisme de refermeture des fissures.

- Une technique de corrélation d'image (DIC) est utilisée sur des séries d'images AFM in-situ. Nous montrons que la solution élastique pour le champ de déplacement de surface est valable jusqu'à une distance de 10 nm de la pointe de la fissure.

- Une étude expérimentale prometteuse de fractoémission a permis l'accès à la taille de la zone d'endommagement nanométrique dans les verres fracturés en régime dynamique.

- Les fonctions de corrélations de hauteur le long d'images AFM de surfaces de rupture lente ont été analysées. Nous montrons que la longueur de coupure ξ de l'ordre de quelques dizaines de nm, interprétée comme taille de zone d'endommagement, découle plus probablement de la taille finie de la sonde de balayage de l'AFM et qu'en accord avec la DIC, aucune zone d'endommagement de taille supérieure à 20 nm n'est observable.

Mots-clés : verre, fracture, AFM, condensation capillaire, endommagement

MULTI-SCALE ANALYSIS OF THE CRACK PROPAGATION MECHANISMS IN OXIDE GLASSES

Abstract : The aim of this thesis is to study the physical mechanisms which govern crack propagation in oxide glasses and to investigate in particular the existence of dissipative mechanisms at small scales. The subcritical crack propagation is controlled by a loading cell on Double Cleavage Drilled Compression samples under controlled atmosphere. Postmortem and in-situ analysis are performed on more than six decades of length scales (from nm to mm) by optical techniques and atomic force microscopy (AFM). An 2D/3D analysis of this sample is realized according to linear elastic fracture mechanics in order to discuss the experimental results and to ensure the mechanical test control at all scales.

- The mechanical effect of capillary condensation observed by AFM at the crack tip is modelled according to a cohesive zone model. This allows evaluating the negative Laplace pressure in the liquid and explaining the crack closure mechanism in glass.

- A digital image correlation technique is used on series of consecutive AFM in-situ images. We show that the elastic solution for the surface displacement field is valid up to a distance of 10 nm from the crack tip.

- A promising experimental study of fractoemission allowed us to access the nanometric process zone size in glasses during dynamic fracture.

- The height correlation functions along the AFM images of fracture surfaces were analyzed. We show that the cutoff length ξ , found close to few ten nm and previously interpreted as the process zone size, is most probably due to the finite size of the AFM scanning probe and in agreement with the DIC, no process zone larger than 20 nm is observable.

Keywords : glass, fracture, AFM, capillary condensation, damage

Discipline : Milieux denses et matériaux (CNU section 28)