

22^{ème} Congrès Français de Mécanique

Lyon, 24 au 28 Août 2015

Rupture de matériaux amorphes : cascades d'événements plastiques et hétérogénéités

Jérôme Crassous, Antoine LeBouil, Sean McNamara, Axelle Amon

Institut de Physique de Rennes, UMR CNRS 6251, Université Rennes 1, France

Résumé

Nous discuterons des résultats expérimentaux récents sur les hétérogénéités de l'écoulement plastique d'un matériau amorphe. Les zones d'écoulements plastiques s'organisent pour former une structure fluctuante de micro-bandes. Cette micro-structure de l'écoulement peut être décrite en considérant les interactions élastiques entre événements plastiques au sein du matériau. La transition entre cet écoulement plastique et la localisation finale de l'écoulement sera également discutée.

Abstract

We will discuss new experimental results about heterogeneities of the plastic flow of an amorphous material. A fluctuating structure of plastic flow composed of micro-band is observed. This structure may be understood as the consequence of the elastic coupling between localized deformation. The transition between the plastic flow and the final failure of the material will be also discussed.

Mots clefs : Matériaux amorphes, Milieux Granulaires, Plasticité, Hétérogénéités dynamiques, Critère de Mohr-Coulomb, Tenseur d'Eshelby.

Résumé étendu

Les descriptions actuelles de la plasticité des milieux amorphes reposent sur l'existence de réorganisations localisées, appelées événements plastiques. L'effet de ces réorganisations est une redistribution des contraintes internes au sein des matériaux. De telles réorganisations ont été mises en évidence par de nombreuses études numériques, mais les observations expérimentales restent pour l'instant très limitées.

Nous avons réalisé un montage expérimental permettant la visualisation de ces réorganisations ainsi que l'existence de directions privilégiées dans la redistribution des contraintes mécaniques. Nous réalisons pour cela un test de compression biaxial d'un

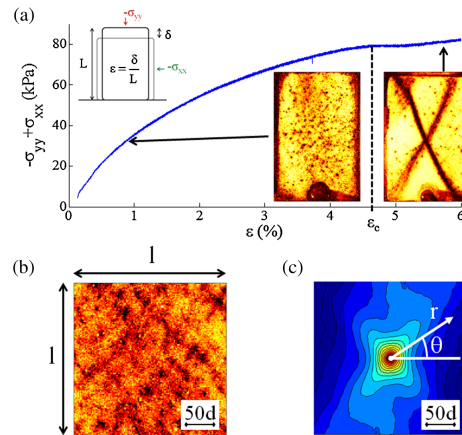


Figure 1: (a) Courbe deformation-Contrainte montrant les 2 regimes d'écoulements: à petites déformations des fluctuations de plasticité et des bandes de cisaillement à grandes déformation. (b) Structure de l'écoulement plastique et (c) corrélation des déformations plastiques montrant des directions privilégiées.

matériau amorphe modèle composé de micro-billes de verre [1]. Sous l'effet d'une différence de contraintes principales, le matériau s'écoule. La déformation du matériau est mesurée à l'aide d'une technique basée sur les interférences lumineuses en milieu aléatoire. Nous obtenons alors des cartes de la déformation incrémentale du matériau au fur et à mesure de sa déformation [1].

A grandes déformations, l'écoulement plastique apparaît complètement localisé, avec des bandes de cisaillement permanentes dans le matériau. En accord avec de nombreuses études de mécanique des sols, ces bandes sont correctement décrites en supposant une loi de comportement frictionnelle pour le matériau.

A petites déformations, la situation est radicalement différente. L'écoulement plastique est fortement fluctuant, les zones d'activité persistant peu et s'évanouissant rapidement. Une corrélation de la déformation plastique apparaît dans deux directions symétriques de la direction de chargement [2]. Ces directions sont également très différentes des directions des bandes de cisaillement permanentes qui sont elles données par un critère de type Mohr-Coulomb. Cette corrélation de la déformation plastique est visible pendant l'essentiel de la phase de chargement, et est de plus en plus marquée au fur et à mesure que l'on approche de la rupture du matériau [3].

Cette organisation de l'écoulement plastique peut être décrite en considérant l'effet d'une reorganisation localisée. En supposant que la redistribution de contraintes dans le matériau puisse être décrite dans le cadre de l'élasticité, la théorie d'Eshelby permet de calculer celle-ci. Des directions privilégiées dans lequel la contrainte redistribuée est maximale sont alors prédites et permettent d'expliquer la corrélation observée de l'écoulement plastique. Ces observations expérimentales sont confirmées par des études

numériques de type Discrete Element Method [4].

Références

- [1] A.Le Bouil, A.Amon, J.-C.Sangleboeuf, H.Orain, P.Bésuelle, G.Viggiani, P.Chasle, J.Crassous. A biaxial apparatus for the study of heterogeneous and intermittent strains in granular materials. *Granular Matter* 16, 1 2014
- [2] A.Le Bouil, A.Amon, S.McNamara, J.Crassous, Emergence of cooperativity in plasticity of soft glassy materials. *Phys. Rev. Lett.* 112, 246001 2014
- [3] <http://journals.aps.org/prl/supplemental/10.1103/PhysRevLett.112.246001/movie.mkv>
- [4] A.Amon, A.Le Bouil, J.Crassous, S.McNamara, in preparation