

Interférométrie non linéaire en temps réel et fracture de géomatériaux

P. Walczak¹, F. Mezzapesa¹, A. Bouakline², J. Ambre², S. Bouissou² & S. Barland¹

¹ Université Côte d'Azur, CNRS, Institut de Physique de Nice, Valbonne, France

² Géoazur, Université de Nice-Sophia Antipolis, France

`pierre.walczak@inphyni.cnrs.fr`

L'analyse des déformations inélastiques s'appliquant aux roches en compression est de grande importance pour construire une théorie de la déformation inélastique et de la fracture de géomatériaux. Ces fractures de roche peuvent avoir de graves conséquences dans des zones sismiques comme des glissements de terrain ou encore des séismes. En laboratoire, il est facile de placer un échantillon de roche dans un état de stress mécanique afin d'en étudier ses déformations. Parmi les méthodes les plus utilisées on peut citer par exemple la tomographie par rayon X [1,2] ou encore la corrélation d'image [3,4]. Cependant, ces techniques ne permettent pas d'observer en temps réel la déformation de l'échantillon en compression amenant à sa fracture.

Nous présentons une expérience en laboratoire dans laquelle nous étudions la déformation en temps réel d'un échantillon de roche granulaire soumis à différentes perturbations mécaniques. Notre travail apporte une nouvelle technique d'optique dans le contexte géoscientifique pour étudier la propagation d'ondes et de fractures.

La mesure expérimentale des déformations d'un échantillon de roche est effectuée grâce à une méthode interférométrique dite de self-mixing [5] : le faisceau à la sortie du laser se réfléchit sur la surface de l'échantillon et interagit avec le faisceau de référence dans le milieu à gain. Le signal de self-mixing généré possède une forme caractéristique en dent de scie où chaque transition indique la direction de déplacement de l'échantillon. Ce signal peut être mesuré sur une photodiode intégrée ou plus simplement en mesurant la variation de tension aux bornes de la diode laser [6]. Dans les deux cas, nous avons un dispositif compact permettant d'observer en temps réel l'amplitude et la direction de déplacement de la surface de l'échantillon avec une résolution de l'ordre de la demi-longueur du laser ($1.3 \mu\text{m}$) à des échelles de temps de l'ordre de la micro-seconde. Dans les expériences réalisées, notre échantillon est un analogue de roche fabriqué à partir d'une poudre d'oxyde de titane (TiO_2). Nous avons effectué deux types d'expérience dans lesquelles nous appliquons soit une perturbation mécanique uniaxiale soit transversale. Le déplacement de la surface de l'échantillon est mesuré de part et d'autre de celui-ci à l'aide de deux détecteurs. Dans le cas d'une perturbation uniaxiale, nous observons des ondes de compression non linéaires correspondant à de rapides oscillations de la surface de l'échantillon. Dans le cas d'une perturbation transverse, l'oscillation de la surface de l'échantillon suggère la présence d'oscillations complexes, comme l'interaction entre des ondes S et P.

Contrairement à une analyse en modes de Fourier, cette technique permet d'analyser le déplacement de l'échantillon en temps réel et donc éventuellement de détecter des signaux précurseurs de la fracture.

Références

1. P. Bésuelle, G. Viggiani, N. Lenoir, J. Desrues, and M. Bornert, *Advances in X-ray Tomography for Geomaterials*, 35-53 (2010)
2. N. Lenoir, M. Bornert, J. Desrues, P. Bésuelle, and G. Viggiani, *Strain* **43**, 193-205 (2007)
3. Si-H Nguyen, A. I. Chemenda, and J. Ambre, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, **48**, 103-115 (2011)
4. J. Dautriat, M. Bornert, N. Gland, A. Dimanov, and J. Raphanel, *Tectonophysics*, **503**, 100-116 (2011)
5. M. J. Rudd, *J. Phys. E : Sci. Instrum.*, **1**, 723-726 (1968)
6. Y. L. Lim, J. R. Tucker, and A. D. Rakic, *Northern Optics*, 73-77 (2006)