

## Création d'un benchmark de fissuration du béton en mode mixte

M. Poncelet<sup>a</sup>

a. LMT (ENS PARIS-SACLAY / UMR 8535), martin.poncelet@ens-paris-saclay.fr

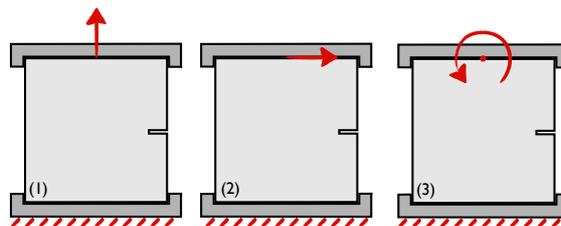
**MOTS CLES :** fissuration ; mode mixte ; multiaxial ; mesure de champ ; essai hybride

### RESUME

Les essais mécanique sur structures ou sur éléments structuraux en béton sont relativement fréquents, mais les essais de fissuration en mode mixte sur éprouvettes, - permettant de mieux comprendre et modéliser la fissuration du matériau - sont relativement rares à cause de leur complexité. On peut noter comme exemples les essais de torsion [Bro 96], les essais sur éprouvettes en L [Win 01] et enfin les essais de traction-cisaillement [Noo 92]. C'est de ces derniers, devenus une référence au fil des ans, que s'inspire le protocole expérimental développé au LMT en partenariat avec EDF R&D entre 2010 (début du développement de la machine d'essai au LMT) et 2015 (clôture de la campagne expérimentale).

Le principe de base est de solliciter une éprouvette entaillée ou bi-entaillée avec un chargement macroscopique de traction (Fig.1(1)) ou de cisaillement (Fig.1-(2)) afin d'induire une propagation de fissure en mode mixte I-II. Trois évolutions successives du protocole expérimental vont chacune donner lieu à une campagne d'essai :

- 1- Les premiers essais sont proches de ceux de Nooru-Mohamed en terme de sollicitation, mais sont instrumentés par mesure de champ (Corrélation d'Images Numériques) pour connaître l'évolution de la fissuration en cours d'essai. Les 2 faces sont observées pour vérifier que le chargement est plan.
- 2- Les seconds essais ont une rotation additionnelle (Fig.1(3)) afin de s'assurer de la stabilité de la propagation. En effet une rotation va induire une zone de compression en amont de la pointe de fissure [Kaz 15]. Le centre de rotation peut être déplacé en cours d'essai.
- 3- Les derniers essais ont un chargement directement fonction de la position de la fissure (essais hybrides), et non plus prédéfini comme auparavant. L'objectif est de réorienter continuellement la fissure. Pour cela une boucle d'asservissement mesure de champ – calcul de sollicitation – sollicitation a dû être mise en place [Jai 17].



**Fig.1 : principe de la sollicitation macroscopique : 1- traction, 2-cisaillement, 3-rotation.**

L'ensemble des essais est réalisé avec une machine à 6 degrés de liberté [Lef 14] afin de corriger au mieux les potentiels problèmes de sollicitation hors-plan. Le torseur d'effort est enregistré tout au long de l'essai en cours.

Les enseignements principaux de cette campagne expérimentale sont les suivants :

- 1- Les essais sans rotation (donc similaires à ceux de Nooru-Mohamed) présentent souvent de multiples fissures en surface – observables par mesure de champ – se propageant lentement, tandis que la fissuration à cœur – estimable via les mesures sthéniques – se fait de manière instable, sans rapport avec les premières. Lors d'une comparaison avec une simulation numérique, utiliser les résultats de mesures de champs n'est donc pas pertinent [Car 19a].
- 2- Les essais avec rotation présentent par contre une cohérence entre mesure d'effort et propagation des fissures obtenues par mesure de champ [Car 19b]. Un choix judicieux de l'évolution du chargement permet d'aboutir à des propagations de fissures complexes, avec plusieurs réorientations et apparition de branchements (Fig.2) [Car 17a]. Les essais sont reproductibles numériquement, mais uniquement en appliquant des conditions aux limites issues des mesures de champ [Car 17b].
- 3- Les essais hybrides bénéficient des mêmes évolutions (mesure de champ, stabilité) mais permettent en outre une réorientation progressive de la fissure, ce qui permet d'explorer un large domaine de l'espace (KI,KII), et ainsi être plus discriminants.

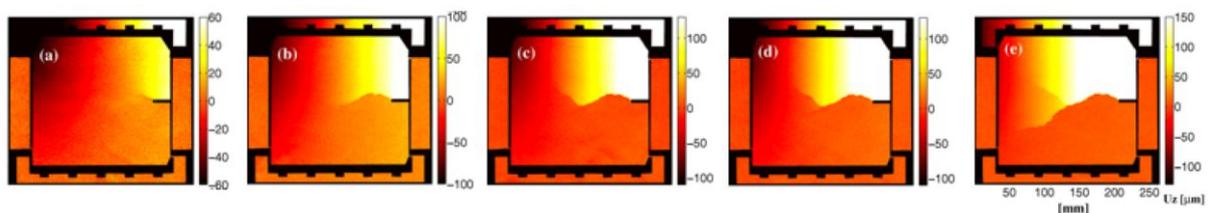


Fig.2 : champ de déplacement vertical au cours d'un essai avec multiples réorientations.

## REFERENCES

- [Bro 96] *Torsional fracture tests*. Brokenshire, D. R., PhD thesis, Cardiff Univ., 1996
- [Car 17a] *A complex mixed-mode crack propagation test performed with a 6-axis testing machine and full-field measurements propagation*, A. Carpiuc-Prisacari, M. Poncelet, K. Kazymyrenko, H. Leclerc, F. Hild, *Engineering Fracture Mechanics*, Elsevier, 2017, 176, 1-22
- [Car 17b] *Comparison between experimental and numerical results of mixed-mode crack propagation in concrete: Influence of boundary conditions choice*, A. Carpiuc-Prisacari, M. Poncelet, K. Kazymyrenko, F. Hild, H. Leclerc, *Cement and Concrete Research*, Elsevier, 2017, 100, 329-340
- [Car 19a] *Experimental database of mixed-mode crack propagation tests performed on concrete specimens with a hexapod and full-field measurements Part I: predefined loading*, A. Carpiuc-Prisacari, C. Jailin, M. Poncelet, K. Kazymyrenko, H. Leclerc, F. Hild, under review.
- [Car 19b] *Experimental database of mixed-mode crack propagation tests performed on concrete specimens with a hexapod and full-field measurements Part II: interactive loading*, A. Carpiuc-Prisacari, C. Jailin, M. Poncelet, K. Kazymyrenko, H. Leclerc, F. Hild, under review.

- [Jai17] *Virtual hybrid test control of sinuous crack* C. Jailin, A. Carpiuc, K. Kazymyrenko, M. Poncelet, H. Leclerc, F. Hild, S. Roux, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 2017, 102, 239 - 256
- [Kaz 15] *Procédé de contrôle de fissuration d'un matériau et dispositif de mise en oeuvre associé* K. Kazymyrenko, A. Carpiuc, M. Poncelet, C. Jailin, F. Hild, H. Leclerc. Brevet d'Invention Internationale numéro WO2017/063890, 16 Octobre, 2015.
- [Lef 14] *A 3D Displacement Control by Digital Image Correlation for the Multiaxial Testing of Materials with a Stewart Platform*, J. Le Flohic, V. Parpoil, S. Bouissou, M. Poncelet, H. Leclerc, *Experimental Mechanics*, 2014, 54, 817 - 828
- [Noo 92] *Mixed-mode fracture of concrete: An experimental approach*. M.B. Nooru-Mohamed, PhD thesis, Technische Univ., Delft (Netherlands), 1992
- [Win 01] *Traglastuntersuchungen von unbewehrten und bewehrten Betonstrukturen*. B. Winkler, PhD thesis, Innsbruck univ. 2001