

## Partie 1 – Évaluation non destructive des matériaux

# DÉTECTION ET IDENTIFICATION DE LA FISSURATION DU BÉTON PAR ÉMISSION ACOUSTIQUE

## DETECTION AND IDENTIFICATION OF CONCRETE CRACKING BY ACOUSTIC EMISSION

**Z. DAHOU<sup>(a\*)</sup>, A. BENMILOUD<sup>(a)</sup>**

a. Laboratoire Mécanique des Structures LMS,  
Université de Bechar, Algérie

\* : dzohra@gmail.com

### RÉSUMÉ

*Nous avons mené une étude expérimentale sur l'évolution des propriétés de rupture de différentes éprouvettes en béton soumises à la flexion. En parallèle, la technique d'émission acoustique (EA) a été exploitée afin de suivre la progression de la fissuration jusqu'à la rupture. Une analyse quantitative des signaux permet de suivre cette évolution en fonction de la variation de l'activité acoustique avec le temps ainsi elle mettra en évidence les résultats trouvés.*

### ABSTRACT

*We present an experimental study of fracture properties evolution of different concrete specimens subjected to bending tests. In parallel, we used the acoustic emission technique (AE) to check the crack progress to failure. A quantitative signal analysis is proposed to follow this evolution according to the acoustic activity variation with time, so our experimental results will be presented.*

**Mots-clés :** émission acoustique, béton ordinaire, essai de flexion, fissuration

\* \* \*

### 1. INTRODUCTION

L'émission acoustique est un phénomène de création d'ondes élastiques transitoires engendrées par la libération d'énergie dans un matériau ou un processus. L'essor de la technique d'émission acoustique remonte à 1950 et est associé aux travaux de Kaiser [3] ayant conduit à la propriété d'irréversibilité, désignée sous le terme d'effet Kaiser. Les premières applications de cette technique en génie civil remontent à 1960 suite aux travaux de l'Hermite et Rüschi pour suivre l'évolution des dégradations du béton sous chargement mécanique. Les sources d'EA peuvent être liées à de nombreux phénomènes physiques et mécaniques d'endommagement. Ils peuvent se présenter sous formes d'événements aléatoires, transitoires et d'énergie importante délivrant ainsi des signaux sous forme d'ondes sinusoïdales amorties désignées sous le terme de salves. Elles sont associées à des mécanismes très énergétiques comme les phénomènes de propagation des fissures conduisant à la rupture ; ce qui est notre cas dans cette contribution. Nous nous intéressons à une analyse des signaux acoustiques engendrés lors d'un chargement flexionnel sur des éprouvettes confectionnées et conservés dans les mêmes conditions et ayant des dimensions différentes.

## 2. PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

Dans le programme expérimental élaboré, nous envisageons, des essais en flexion trois points sur des éprouvettes prismatiques 7x7x28 et 10x10x40 (en cm). Elles sont munies de rainures ayant des largeurs constantes de 4mm. Leurs profondeurs sont proportionnelles aux hauteurs suivant un rapport égal à 0,2. Elles sont de 14mm et 20mm pour respectivement les hauteurs de 7 et 10 cm. Le tableau 1 résume la formulation du béton confectionné. Pour une maturité de 28 jours, sa résistance à la compression est de 37,4MPa.

Le système d'émission acoustique comprend un système d'acquisition MISTRAS de quatre voies (carte PCI-DSP-4 P). Les signaux d'émission acoustique sont convertis par 4 capteurs différentiels piézoélectriques de type R15 A résonnant à 150 kHz. Un préamplificateur 2/4/6 amplifie ces signaux avec 40 dB de gains, dans une bande de fréquence comprise entre 50 et 200 kHz.

Constituants	Dosage [kg/m <sup>3</sup> ]
CEM II/B 42,5 N NA 442, Lafarge	380
Sable roulé 0/5	601,8
Gravier concassé 3/8	208,3
Gravier concassé 8/15	1060,5
Eau total	205,4

Tableau 1 : Composition du béton expérimentée

La disposition des capteurs est faite pour mieux cerner la zone où la propagation de la fissuration aura lieu. La figure 1 montre la disposition que nous avons retenue pour nos quatre capteurs. Un produit couplant est disposé sur les surfaces d'adhésions des capteurs et du béton afin d'assurer une meilleure transmission des signaux d'émission

acoustique. Un algorithme de localisation planaire (2D) du logiciel AEWin version E 4.60 est utilisé pour la localisation des sources d'EA. Le seuil d'acquisition, à partir duquel les activités acoustiques sont déclenchées, est fixé égal à 30 dB.

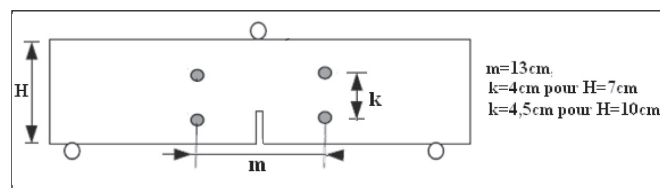


Figure 1 : Position des capteurs d'EA suivant la géométrie de l'éprouvette

## 3. RÉSULTATS DES ESSAIS DE FLEXION AVEC ÉMISSION ACOUSTIQUE

Les essais de flexion [1] associée à l'émission acoustique sont menés jusqu'à la rupture des éprouvettes avec une vitesse de chargement de 0,05MPa/s. Nous avons expérimenté deux éprouvettes pour chaque dimension, nous les notons par la suite A ou B suivi de la plus petite dimension en centimètres. Sur la Figure 2 nous comparons pour les différents essais l'évolution du nombre cumulé des salves en fonction du temps, les hits correspondants aux pics des chargements sont symbolisés par des carrés rouges. Le comportement global de ces évolutions est en accord avec ce qui est connu [2], [6]. Les différentes pentes, avant la rupture, montrent une plus grande intensité de l'activité acoustique pour les éprouvettes de hauteur 7cm.

Le tableau 2 présente les charges de ruptures ainsi que les nombres d'événements et de coups lors et après rupture.

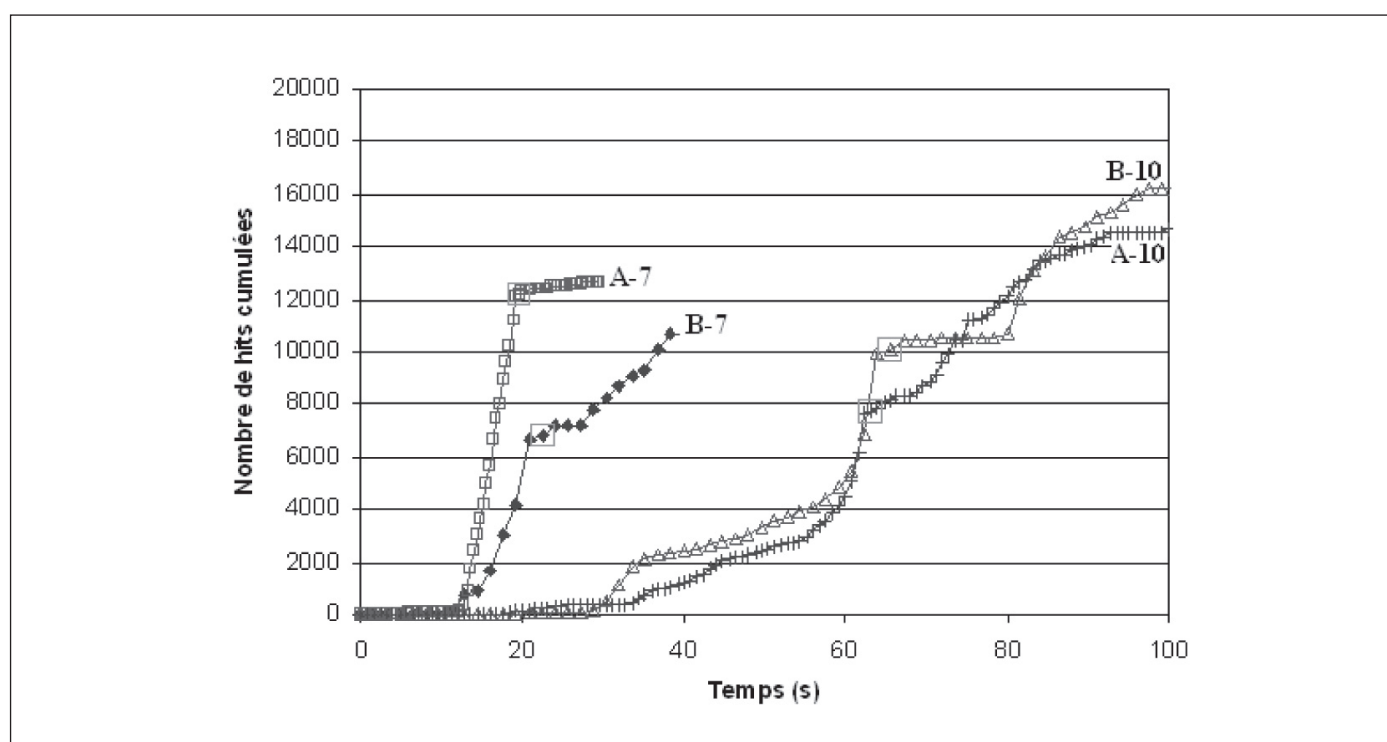
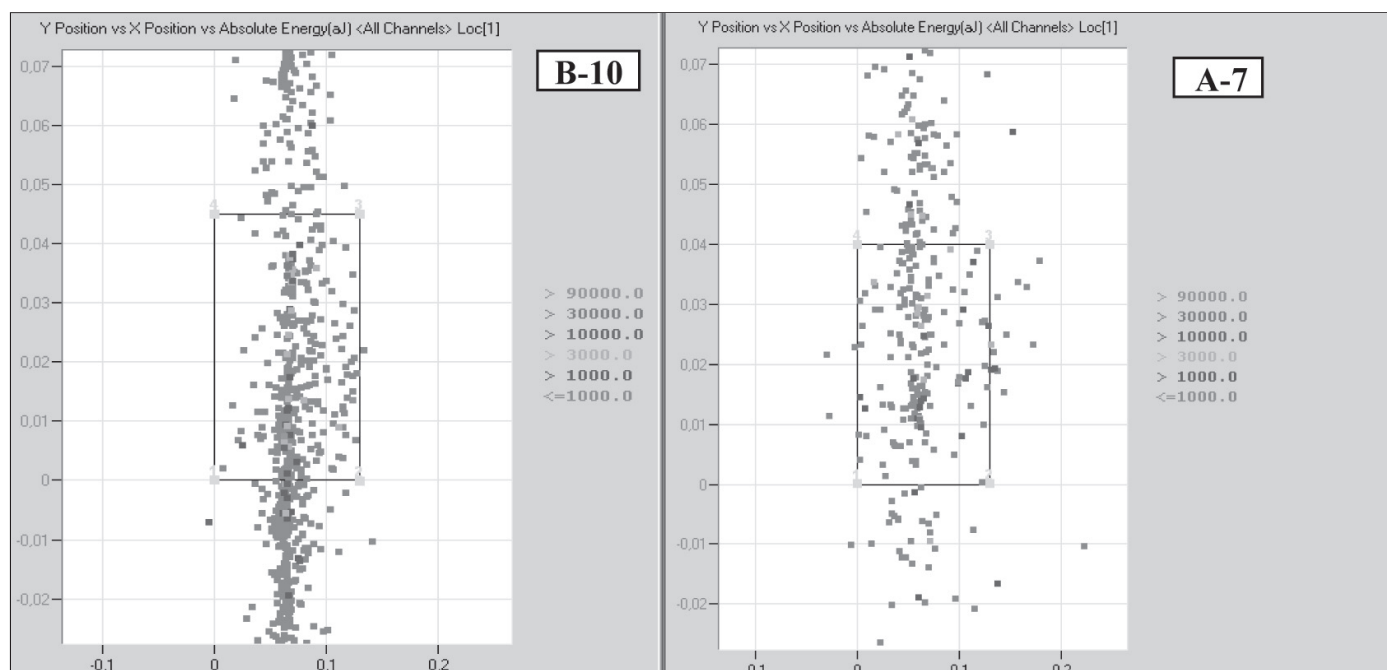


Figure 2 : Evolutions du nombre de hits cumulés

Type d'éprouvette	Charge de rupture [KN]	Nombre total (pic)	d'événements (rupture)	Nombre total (pic)	de coups (rupture)
A-7	4,7	446	480	26914	28947
B-7	5,1	439	454	19836	20536
A-10	9,2	640	647	18757	29184
B-10	9,6	1234	1311	42693	46045

**Tableau 2 : Nombre d'événements et de coups lors des essais de flexion**



**Figure 3 : Position des événements en énergie absolue cumulée**

Après la charge de rupture nous notons une faible augmentation des nombres d'événements et de coups cumulés, or généralement ces quantités augmentent considérablement en partie post pic [5]. Ainsi nous déduisons un comportement post pic fragile de nos essais. Comme l'énergie absolue est un paramètre important pour caractériser un événement [4], nous présentons pour les éprouvettes B-10 et A-7 (Figure 3), les positions des événements d'émission acoustique en énergie absolue cumulée. Une activité acoustique plus intense et une formation d'une bande de microfissuration autour de l'entaille sont mieux représentées pour les éprouvettes de 40cm de hauteur.

## 4. CONCLUSIONS

L'étude expérimentale menée en associant la technique d'émission acoustique au comportement flexionnelle d'éprouvettes de différentes dimensions a montré une certaine sensibilité de l'activité acoustique. Les chargements flexionnels pilotés en force ne permettaient pas un suivi adéquat de la propagation des fissures.

## RÉFÉRENCES

- [1] Afnor NF EN 12390-5, « Essai pour béton durci, Partie 5 : Résistance à la flexion sur éprouvettes », Afnor, Octobre, 2001
- [2] Dai Q., Ng K., Zhou J., Kreiger E. L., Ahlborn T. M., « Damage investigation of single-edge notched beam tests with normal strength concrete and ultra high performance concrete specimens using acoustic emission techniques », *Construction and Building Materials* 31 (2012), pages 231–242
- [3] Grosse CU, Ohtsu M, « Acoustic emission testing ». Springer, Heidelberg, (eds) (2008)
- [4] Muralidhara S.\*, Raghu Prasad B.K.b, Eskandari H., Karihaloo B.L., « Fracture process zone size and true fracture energy of concrete using acoustic emission » *Construction and Building Materials* 24 (2010), pages 479–486
- [5] Shah S.G., Chandra Kishen J.M., « Use of acoustic emissions in flexural fatigue crack growth studies on concrete » *Engineering Fracture Mechanics*, volume 87 (2012), pages 36–47
- [6] Soulioti D., Barkoula N.M., Paipetis A., Matikas T.E., Shiotani T., Aggelis D.G., « Acoustic emission behavior of steel fibre reinforced concrete under bending », *Construction and Building Materials* 23 (2009), pages 3532–3536