B1-10

ÉMISSION ACOUSTIQUE

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIF

Détection de l'endommagement dans les structures en béton par détection des bruits émis lors de « micro-endommagements » : fissurations du béton, frottements internes, endommagement d'interfaces (armatures/béton par exemple).

Les fissures détectables par la technique sont relatives à l'évolution structurale du béton, à la corrosion des armatures et aux pathologies du béton (AAR, DEF).

PRINCIPE

L'émission acoustique (EA) repose sur le phénomène de création d'ondes élastiques transitoires dues à des micro-déplacements locaux au sein d'un matériau dans un domaine de fréquence compris entre 20 et 1000 kHz. Ces ondes émises par le matériau sont détectées par l'intermédiaire de capteurs puis analysées.

Dans le cas de structures en béton, l'émission acoustique se produit sous la forme d'ondes ultrasonores peu énergétiques et nombreuses. Les zones de détection sont donc réduites à quelques m^2.

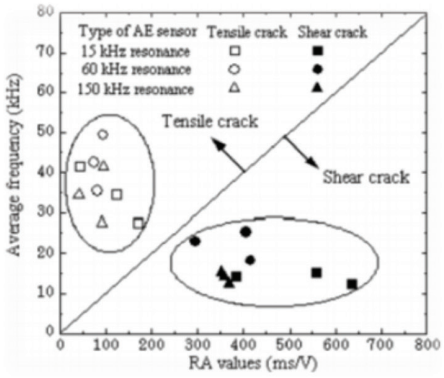
Les méthodes de traitement des signaux EA recueillis sont de différents types :

- temporelle : paramètres EA en fonction du temps,
- paramétrique : paramètres EA en fonction d'une entrée extérieure (force, déplacement, température, etc.),
- de corrélation : paramètre EA en fonction d'un autre paramètre EA,
- statistique : sélection d'un ensemble de paramètres EA puis analyse en composantes principales ou méthodes multi-variables supervisées ou non supervisées.

Elles permettent de déterminer le mécanisme de l'endommagement. Une représentation spécifique est utilisée pour distinguer les fissures de traction et de cisaillement dans le béton : méthode RA illustrée ci-dessous :

$$\text{RA} : RA = \frac{\text{temps de montée}}{\text{amplitude}}$$

$$\text{Fréquence moyenne} : AFREQ = \frac{\text{nb de coups}}{\text{durée}}$$

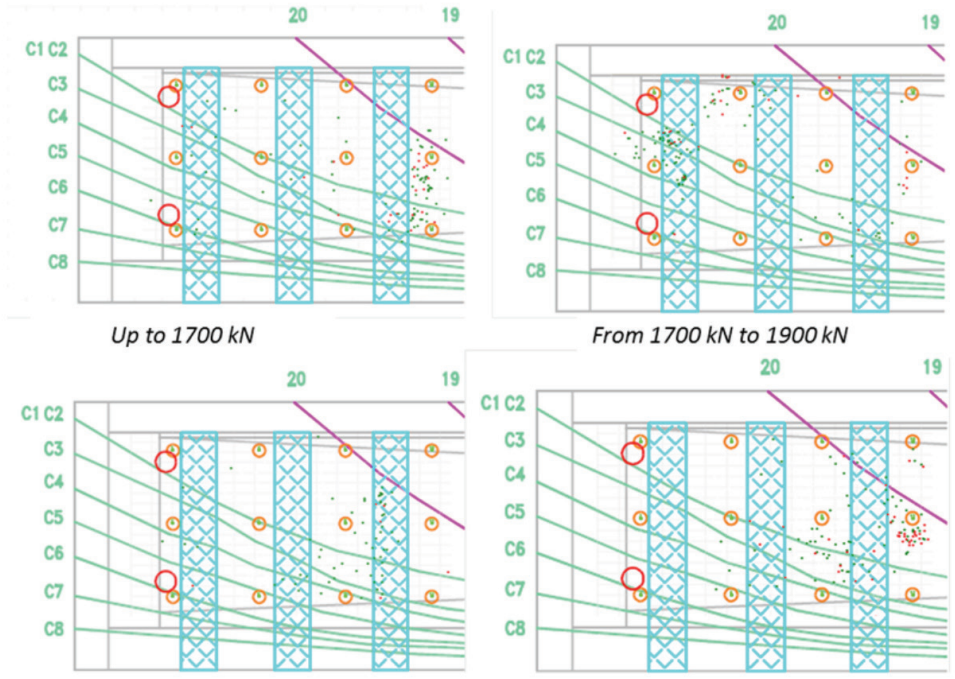
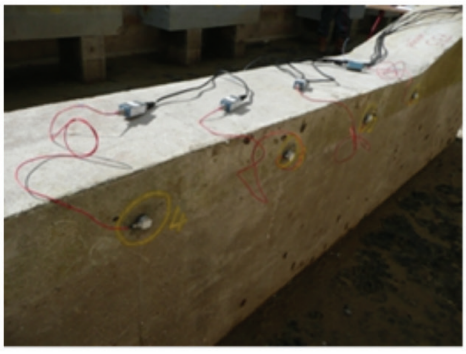


Méthode RA de détermination de la nature des fissures dans le béton (D'après Grosse, Othsu, 2008)

L'utilisation de plusieurs capteurs permet de localiser la source de l'émission acoustique et de pratiquer une analyse en localisation des événements acoustiques (signaux localisés) allant du 1D à partir de 2 capteurs jusqu'au 3D à partir de 5 capteurs.



Localisation d'événements acoustique lors d'un essai de flexion de poutre précontrainte (VIPP Clerval). Capteurs placés sur l'âme de la poutre précontrainte

PRINCIPE	 Suivi de l'endommagement d'une poutre précontrainte suivant la force appliquée durant l'essai à l'effort tranchant (rond rouge : capteur EA, rectangle bleu : renfort composite, ligne verte/rose : câble de précontrainte)  Auscultation par émission acoustique de la corrosion des armatures dans une poutre en béton armé du projet de recherche MAREO (Source IFSTTAR). Une autre possibilité de la méthode est de suivre l'endommagement en corrosion d'une structure en béton armé ou précontraint par l'intermédiaire de l'évolution de l'interface acier/béton au cours de la dégradation.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Non
MATURITÉ	L'émission acoustique est étudiée depuis les années 1950. Son application au domaine du génie civil et du béton date des années 1990. Son développement est en plein essor et son applicabilité à l'auscultation des structures en béton est maintenant acquise.
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	Une chaine d'émission acoustique est composée des éléments suivants : – capteurs de type piézoélectrique qui détecte les salves acoustiques – préamplificateurs qui amplifient le signal initial – système d'acquisition autour d'un DSP des données qui gère la conversation analogique/numérique, le filtrage, le traitement et le stockage des données. Les chaines d'émission acoustique sont diffusées dans le commerce depuis les années 1980.
MODALITÉS D'APPLICATIONS	
DOMAINE D'APPLICATION	Toute structure en béton, béton armé ou béton précontraint. Principalement utilisée lors d'essais ou d'auscultations, elle pourrait être utilisée en surveillance, par exemple pour suivre la propagation d'une fissure.

SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	Le positionnement et l'espacement entre les capteurs est à évaluer pour chaque cas. Il s'étend de quelques centimètres pour les mécanismes les moins émissifs ou en environnement bruité à des distances de l'ordre de quelques mètres. Suivant l'étendue de la zone à ausculter, le mécanisme que l'on souhaite suivre, on en déduit le type de capteurs et le maillage à mettre en place. Le couplage entre la structure et le capteur EA doit être réalisé avec soin, généralement avec une colle haute rigidité et vérifié par des tests de propagation (scléromètre, marteau, cassé de mine).
LIMITES D'UTILISATION	Une connaissance préalable du type de dégradation recherché et de sa localisation approximative est nécessaire. Les défauts doivent être évolutifs (émission d'ondes acoustiques).
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	Localisation des défauts dans la gamme du mm au cm
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Chargé d'investigations sous le contrôle d'un chargé d'études
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	1 face
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Non
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	élevé
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Quasi immédiats
PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Possible si propagation des ondes émises par le trafic jusqu'aux capteurs
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Possible si propagation des ondes émises par l'environnement jusqu'aux capteurs
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Non
ENCOMBREMENT – POIDS	Faible encombrement
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Seuls les désordres actifs sont détectés. La détection en temps réel rend possible la surveillance à distance.
INCONVÉNIENTS	Perturbations acoustiques possibles du milieu proche.
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Rare
COÛT	Moyen

RÉFÉRENCES

NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES

NDIS-2421 : Quantitative assessment criterion based on AE calculations, proposed by the committee of the Japanese Society for Nondestructive Inspections

L. Golaski, P. Gebski, K. Ono, Diagnostics of reinforced concrete bridges by acoustic emission, Journal of Acoustic Emission, 2002, vol. 20, pp. 83-98

M. Ohtsu, M. Uchida, T. Okamoto and S. Yuyama, Damage assessment of reinforced concrete beams qualified by acoustic emission, ACI Structural journal, 2002,vol. 99, pp. 411–417

K. Matsuyama, T. Fujiwara, A. Ishibashi and M. Ohtsu, Field Application of Acoustic Emission for the Diagnosis of Structural Deterioration of Concrete., Journal of Acoustic Emission, 1993,vol. 11, pp. 65-73

S. Chataigner, L. Gaillet, Y. Falaise, J.F. David, R. Michel, C. Aubagnac, A. Houel, D. Germain, J.P. Maherault, Acoustic monitoring of a prestressed concrete beam reinforced by adhesively bonded composite, SMAR2017, 13-15 septembre 2017, Zurich, Switzerland

P. Rossi, J.L. Tailhan, F. Le Maou, L. Gaillet, E. Martin, Basic creep behavior of concretes investigation of the physical mechanisms by using acoustic emission, Cement and Concrete Research, 42, 2012, pp. 61-73

M. Perrin, L. Gaillet, C. Tessier, H. Idrissi, Hydrogen embrittlement of prestressing cables, Corrosion Science, 52, 2010, pp. 1915-1926

S. Ramadan, L. Gaillet, C. Tessier, H. Idrissi, Detection of stress corrosion cracking of high-strength steel used in prestressed concrete structures by acoustic emission techniques, Applied Surface Science, 254, 2008, pp. 2255-2261

M. Perrin, L. Gaillet, C. Tessier, H. Idrissi, Assessment of stress corrosion cracking in prestressing strands using acoustic emission technique, Journal of acoustic emission, 26, 2008, pp. 32-39

“New methods for the assessment and monitoring of existing prestressed structures”, Chapter of COST Action 534 “New Materials and Systems, Methods and Concepts for Prestressed Concrete Structures» Final report, Eds. R.B. Polder, M.C. Alonso, D.J. Cleland, B. Elsener, E. Proverbio, Ø. Vennesland, A. Raharinaivo, COST Office, TNO Delft Management committee edition, 2009

M. Perrin, L. Gaillet, C. Tessier, H. Idrissi, Acoustic Emission use for prestressing strands corrosion assessment, Non-Destructive Testing in Civil Engineering NDT-CE09, 30 juin-3 juillet, Nantes, 2009.

S. Chataigner, L. Gaillet, Y. Falaise, J.F. David, R. Michel, C. Aubagnac, A. Houel, D. Germain, J.P. Maherault, Acoustic monitoring of a prestressed concrete beam reinforced by adhesively bonded composite, Proceedings of ICCRRR 2018, Cape Town, South Africa.

C. U. Grosse, M. Ohtsu, Acoustic Emission Testing, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. edition, 2008, 406 pages