

CARACTÉRISATION D'ENDOMMAGEMENT PAR ÉMISSION ACOUSTIQUE SUR ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIFS

Détection, localisation et évaluation de l'endommagement dans les éléments métalliques des structures du génie civil : recherche de fissures dans les cordons de soudure, de fissures de fatigue, de ruptures, de corrosion localisée.

Possibilité de passer d'une auscultation ponctuelle à une surveillance continue (évolution de l'endommagement).

PRINCIPE

La technique d'émission acoustique (EA) est basée 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. On détecte par l'intermédiaire de capteurs puis on analyse ces ondes émises par le matériau.

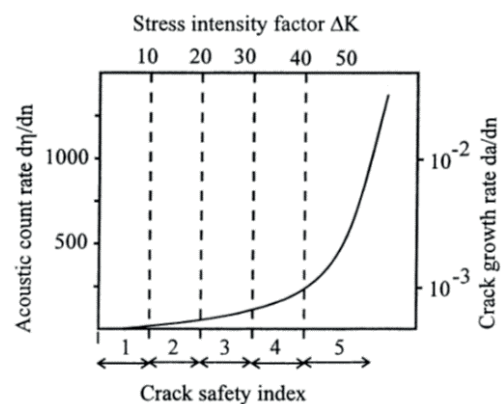
Dans un premier temps, les zones d'intérêt sont instrumentées par des capteurs EA après une préparation de surface (enlèvement du revêtement, de la peinture). Une calibration du système d'acquisition incluant le couplage entre capteurs et structure est réalisée par le test normalisé à la source Hsu-Nielsen (ou « cassé de mine ») [ASTM 2021].

Pendant l'essai, l'élément métallique / le câble doit être mis en charge ou subir un endommagement évolutif. Le mécanisme d'endommagement peut être une fissuration au niveau des soudures, une surcharge en fatigue, une corrosion, etc. Des ondes acoustiques sont alors générées par libération d'énergie depuis les sites d'endommagement et se propagent au sein de la structure. Le système d'acquisition collecte ces ondes par des capteurs piézoélectriques situés à plusieurs endroits sur la structure.

L'interprétation des résultats est basée sur les corrélations entre la dégradation physique mesurable (par exemple, propagation d'une fissure de fatigue existante) et l'activité ou l'énergie EA à partir de signaux acoustiques collectés. La corrélation avec d'autres techniques, comme les jauges de déformation par exemple, est intéressante pour confirmer l'évolution des dommages. La représentation classique des résultats est l'évolution temporelle des paramètres EA (ondes, énergie). D'autres analyses peuvent être effectuées dans le domaine fréquentiel ou par une approche statistique.



Réseau de capteurs d'émission acoustique mis en place au niveau d'une fissure de fatigue existante sur un ouvrage d'art [HAY 2021]



Relation entre la vitesse de propagation de la fissure de fatigue et le nombre de coups en EA en fonction du facteur intensité de contrainte [ROB 2003]

CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE

Non

MATURITÉ	L'émission acoustique est étudiée depuis les années 1950. Son application au domaine du génie civil date des années 1990. Son développement est en plein essor et son applicabilité à l'auscultation des structures métalliques est maintenant acquise.
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	<p>Un système d'émission acoustique est composé des éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> – capteurs de type piézoélectrique qui détectent les salves acoustiques ; – préamplificateurs qui amplifient le signal initial ; – système d'acquisition rapide (typiquement à 10 MHz) autour d'un DSP (Digital Signal Processor) des données qui gère la conversion analogique/numérique, le filtrage, le traitement et le stockage des données. <p>Les systèmes d'émission acoustique sont diffusés dans le commerce depuis les années 1980.</p>
MODALITÉS D'APPLICATIONS	
DOMAINE D'APPLICATION	<p>Toute structure métallique dont les ouvrages à câbles.</p> <p>Caractérisation de l'endommagement d'un élément métallique ou suivi de l'évolution de l'endommagement (possibilité de passer d'une auscultation ponctuelle à une surveillance continue).</p>
SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	<p>Une connaissance préalable du type de dégradation recherché et de sa localisation approximative est nécessaire.</p> <p>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 et le mécanisme que l'on souhaite suivre, on en déduit le type de capteurs et le maillage à mettre en place.</p> <p>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 (petits chocs, source Hsu- Nielsen [ASTM 2021]).</p>
LIMITES D'UTILISATION	<p>Les défauts doivent être évolutifs (pour l'émission d'ondes acoustiques).</p> <p>Atténuation des ondes acoustiques à travers le matériau de propagation et les interfaces.</p>
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	Localisation des défauts dans la gamme du mm au cm suivant le mécanisme de dégradation, le nombre et l'emplacement des capteurs et les conditions d'acquisition.
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Chargé d'études avec expérience en Émission Acoustique, traitement des signaux et données et en inspection des structures métalliques, encadrant une équipe de chargés et agents d'instrumentation.
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	Une face
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Non
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	<p>Auscultation ponctuelle.</p> <p>Acquisition d'un nombre élevé de données à traiter.</p>
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	<p>Quasi immédiats pour la confirmation d'un événement.</p> <p>Plusieurs jours pour l'interprétation complète des données.</p>
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	Détection des désordres actifs (i.e. en évolution). La détection en temps réel rend possible la surveillance à distance.
INCONVÉNIENTS	Perturbations acoustiques possibles du milieu proche. Nécessité de solliciter mécaniquement l'élément de structure (hors mécanisme de corrosion). Ne permet pas, sauf exception, de caractériser l'endommagement antérieur à l'auscultation.
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Moyenne
COÛT	Moyen à élevé en fonction de l'étendue des zones à ausculter et l'ingénierie requise pour le traitement.
RÉFÉRENCES	
NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES	<p>[ASTM 2021] ASTM-E976 Standard Guide for Determining the Reproducibility of Acoustic Emission Sensor Response, 2021</p> <p>[HAM 1997] M.A. Hamstad, J.D. McCloskey, Wideband and narrowband acoustic emission waveforms from extraneous sources during fatigue of steel samples, Journal of acoustic emission, 1997, Vol.15, pp.1-18</p> <p>[HAY 2021] T. R. Hay, Acoustic Emission Testing of Steel Bridges, lecture Jun 30, 2021, TKS company</p> <p>[ROB 2003] T.M. Roberts, M. Talebzadeh, Fatigue life prediction based on crack propagation and acoustic emission count rates, Journal of constructional steel research, 2003, Vol. 59, pp. 679-694</p> <p>[SIS 1996] M. Sison, J.C. Duke, M. Horne, Acoustic emission monitoring of steel bridges members / Final report, Virginia Transportation Research Council, VA 24061-0219, 1996</p> <p>NF EN 13554 (2011) Essais non destructifs – Émission acoustique – Principes généraux</p> <p>NF EN 1330-9 (2017) Essais non destructifs – Terminologie – Partie 9 : termes utilisés en contrôle par émission acoustique</p> <p>NF EN 13477-2 (2011) Essais non destructifs – Essais d'émission acoustique – Caractérisation de l'équipement – Partie 2 : vérifications des caractéristiques de fonctionnement</p>