

Application de l'émission acoustique à la détection et à la caractérisation des effets de la corrosion sur des liners métalliques dans les centrales nucléaires

Narintsoa Ranaivomanana¹, Teuku Ferdiansyah¹, Jean-Paul Balayssac¹, Frédéric Taillade²

¹ Université de Toulouse INSA/UPS, LMDC, F-31077 Toulouse

² EDF - R&D – PRISME, Mesures Physiques, Simulation soudage & Procédés, 6 quai Watier, BP 49 – 78401 CHATOU cedex

RESUME

Des liners métalliques sont fréquemment présents dans les structures de centrales nucléaires. Une des principales causes de dégradation de ces liners est la corrosion. Cette étude a pour objectif l'utilisation de l'émission acoustique (EA) dans le but de détecter et de faire un suivi de l'activité de corrosion pouvant se produire sur un liner métallique noyé dans un radier en béton. Il s'agit d'une méthode indirecte puisque l'objectif est de caractériser le développement du processus de corrosion à travers ses conséquences dont la génération de perforations du liner, ce qui peut être le cas lorsque celui-ci se trouve dans un état avancé. Des maquettes constituées d'une plaque métallique percée de trous de différents diamètres et surmontée d'une dalle de béton ont été fabriquées à cet effet. Des essais de mesures de débit d'air filtrant à travers le béton et ensuite à travers les trous de la plaque métallique ont été réalisés en parallèle d'un suivi en émission acoustique. Les résultats ont montré que sous réserve d'utiliser des capteurs suffisamment sensibles, l'EA était capable de détecter les vibrations associées à une fuite d'air à travers un trou dans le liner durant toute la phase d'essai. De plus, il a été montré que l'amplitude des signaux produits est bien corrélée au débit d'air à travers le trou.

Mots-clefs Emission acoustique, perméabilité, corrosion, béton

Key-words Acoustic emission, permeability, corrosion, concrete

I. INTRODUCTION

Cette étude s'intéresse à la détection ainsi qu'à la caractérisation de la corrosion du liner métallique noyé dans le radier en utilisant la technique d'émission acoustique (EA). Le recours aux techniques non-destructives devient en effet indispensable dès lors que le carottage n'est plus possible. De plus, le développement d'une activité de corrosion non détectée peut entraîner de graves problèmes de sécurité et des coûts de réparations importants. La plupart des études relatives à l'utilisation de l'EA pour caractériser la corrosion en génie civil porte sur la caractérisation de l'initiation et du développement du phénomène lui-même ou de ses

conséquences telles que l'endommagement du béton du fait de l'apparition de contraintes de traction résultant du gonflement des produits de corrosion [Ahmad et al.,2015], [Kawasaki et al.,2013]. L'EA a par ailleurs également été utilisée avec succès pour aller détecter des fuites dans des pipelines [Mostafapour et al.,2012]. Par conséquent, il nous a paru original d'utiliser l'EA pour caractériser la corrosion d'un liner métallique via la détection par EA d'une fuite d'air au travers d'une perforation qui aura été créée par la corrosion si cette dernière se trouve dans un état avancé. Les essais consisteront donc à générer un débit d'air à travers un trou créé sur une plaque métallique (simulant le liner) et au-dessus duquel est coulée une dalle de béton (simulant le radier), puis à faire un monitoring par EA des activités acoustiques inhérentes à la fuite d'air à travers le trou de la plaque.

II. METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

A. Matériaux et préparation des corps d'épreuve

Une dalle de béton de dimensions 300 mm x 300 mm x 30 mm coulée sur une plaque métallique de 400 mm x 600 mm x 3 mm de dimensions a été confectionnée pour les besoins de l'étude. Le béton utilisé est fabriqué à base de ciment Portland ordinaire (C), d'eau du robinet (E) et de granulats siliceux roulés pour le gravier (G) et le sable (S). S'agissant de la formulation, un rapport G/S de 1 et un rapport E/C de 0,50 est visé. Concernant l'ouvrabilité du béton à l'état frais, l'affaissement au cône d'Abrams cible est de 100 ± 20 mm. Enfin, après séchage dans une étuve à 105°C , une valeur de perméabilité mesurée au moyen du perméamètre Torrent $kT = 96 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ a pu être obtenue.

B. Dispositif expérimental

Le montage expérimental comprend une cellule à vide à chambre unique positionnée en surface du béton. Les essais de perméabilité à l'air ont été menés en appliquant une surpression d'air dans la cellule. La chambre va injecter de l'air dans le béton à la pression désirée. La chambre est reliée à une pompe et le niveau de pression imposé par la pompe est mesuré à l'aide d'un manomètre (Fig. 1). Un débitmètre à tube de verre situé en aval du trou a également été utilisé pour évaluer le débit d'air à travers la plaque métallique. La valeur maximale de débit d'air mesurable par le débitmètre est de 150 SCCM (second cubic centimeters per minute). Enfin, quatre capteurs piézoélectriques de type R3 α (résonant à 30 kHz) pour le suivi de l'EA ont été positionnés sur la surface de la plaque métallique et le couplage se fait au moyen d'une colle silicone. Avant chaque essai, des essais de cassé de mine (ou test Hsu-Nielsen) pour l'appréciation de la qualité du couplage ont été effectués.

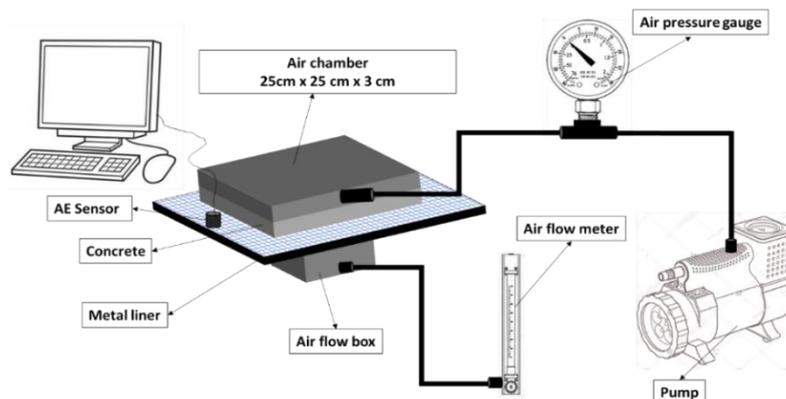


FIGURE 1. Représentation schématique du dispositif expérimental

C. Position des capteurs et des trous de fuite

Les positions respectives des trous sur la plaque métallique ainsi que des quatre capteurs R3α sont représentées sur la Fig. 2. Trois trous de diamètres de 2 mm, 4 mm et 8 mm et simulant des zones affectées par la corrosion à un stade avancé, ont été percés sur la surface du revêtement métallique afin d’obtenir des surfaces de fuite de 3,1 mm², 12,6 mm², et 50,3 mm² respectivement.

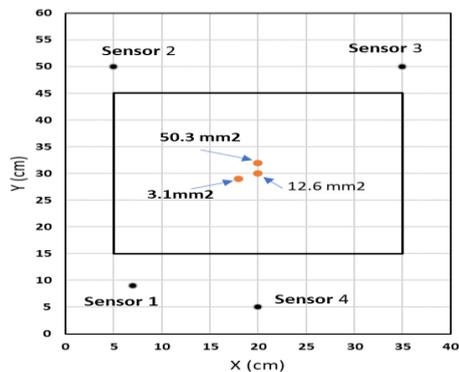


FIGURE 2. Position des capteurs EA et des trous de fuite

III. RESULTATS

Différents niveaux de pression d'air ont été appliqués lors de cet essai (tableau 1). Le logiciel d’acquisition des signaux acoustiques a été activé au début de la mesure, suivi de l’activation de la pompe 10 s après. La pompe a ensuite été arrêtée après 200 s et le test prend fin après 300 s.

TABLEAU 1. Niveau de pression d’air appliquée pour le béton 3 en surpression

| Surface de fuite (mm ²) | Niveau de pression d’air (Bar) | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------|------|------|------|
| | 0,52* | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,10 |
| 3,1 | 0,52* | 0,40 | 0,30 | 0,20 | 0,10 |
| 12,6 | | 0,38* | 0,30 | 0,20 | 0,10 |
| 50,3 | | 0,35* | 0,30 | 0,20 | 0,10 |

* Pression d’air maximale qu’il est possible d’atteindre avec la pompe

La Fig. 3 présente l’évolution de l’amplitude de signaux détectés par les capteurs EA en fonction du temps pour les trois valeurs de surface de fuite. Une tendance similaire peut être observée pour toutes les zones de fuite, à savoir un début d’activité associé au bruit de la pompe suivi d’une partie résultant du passage de l’air à travers le trou. L’amplitude des signaux commence ensuite à diminuer lors de l’arrêt de la pompe. On peut constater une différence significative dans les niveaux d’amplitude pour la petite zone de fuite de 3,1 mm² par rapport aux deux autres zones de taille plus grande. La plage d’amplitude correspondant à la petite zone était comprise entre 47 dB et 51 dB tandis qu’elle était d’environ 30 dB à 35 dB pour les autres zones de fuite. A noter que le niveau d’amplitude des signaux associés à la zone de fuite de 12,6 mm² était quasi-identique à celle des zones de fuite de 50,3 mm².

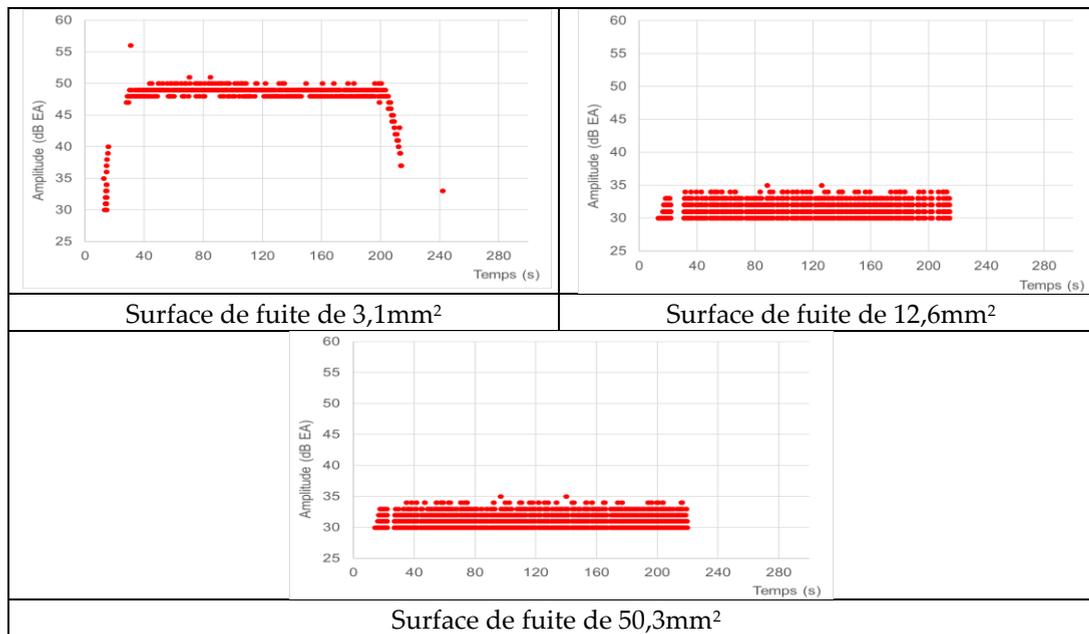


FIGURE 3. Amplitude des signaux pour différentes tailles de trou lors de l'essai en surpression

IV. CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de tester la capacité de la technique EA à détecter et à caractériser indirectement au travers de la détection d'une fuite d'air, la présence d'une activité de corrosion sur un liner métallique noyé dans une dalle de béton. A cet effet, la technique a été couplée à des essais de perméabilité à l'air. Il en ressort que la perméabilité à l'air du béton qui dépend de son niveau de saturation, conditionne fortement le débit d'air à travers le béton. Pour une valeur de perméabilité $kT=96 \times 10^{-16} \text{ m}^2$, le débit est suffisant pour générer des signaux acoustiques dont l'amplitude va dépendre de la taille du trou et de la pression d'air. Plus le trou est petit, plus la pression appliquée est grande et plus l'amplitude des signaux acoustiques est importante. Il existe donc une bonne corrélation entre la taille de la zone de fuite (et donc le débit de fuite) et l'amplitude des signaux acoustiques.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'un projet financé par le FROG et piloté par Framatome que les auteurs tiennent à remercier.

REFERENCES :

- Ahmad, Z., Chai, H. K., Aggelis, D. G., & Alver, N. (2015), Non-Destructive Evaluation for Corrosion Monitoring in Concrete: A Review and Capability of Acoustic Emission Technique, *Sensors*, 15, 19069–19101.
- Kawasaki, Y., Wakuda, T., Ohtsu, M. (2013), Corrosion mechanisms in reinforced concrete by acoustic emission, *Construction and Building Materials*, 48, 1240-1247.
- Mostafapour, A., Davoudi, S., (2013), Analysis of leakage in high pressure pipe using acoustic emission method, *Appl. Acoust.*, 74(3), 335–342.