



**HAL**  
open science

# Structural Health Monitoring (SHM) des structures en béton armé par la thermographie infrarouge avec micro-ondes: détection de l'enrobage d'armatures par approche de transmission

Sam Ang Keo, Franck Brachelet, Didier Defer

## ► To cite this version:

Sam Ang Keo, Franck Brachelet, Didier Defer. Structural Health Monitoring (SHM) des structures en béton armé par la thermographie infrarouge avec micro-ondes: détection de l'enrobage d'armatures par approche de transmission. *Diagnobéton 2023*, Oct 2023, Nantes (44000), France. hal-04692105

**HAL Id: hal-04692105**

**<https://hal.science/hal-04692105v1>**

Submitted on 9 Sep 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# Structural Health Monitoring (SHM) des structures en béton armé par la thermographie infrarouge avec micro-ondes: détection de l'enrobage d'armatures par approche de transmission

Sam Ang Keo<sup>\*†1</sup>, Franck Brachelet<sup>2</sup>, and Didier Defer<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement - Equipe-projet ENDSUM (Cerema Equipe-projet ENDSUM) – Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement – 23 avenue de l'Amiral Chauvin - BP 20069 - 49136 LES PONTS DE CE Cedex, France

<sup>2</sup>Laboratoire de Génie Civil et Géo-Environnement (LGCgE) - ULR 4515 (LGCgE) – Université d'Artois, Université de Lille, Ecole nationale supérieure Mines-Télécom Lille Douai, Junia – Université d'Artois - Technoparc FUTURA - 62400 BETHUNE, France

## Résumé

Le béton d'enrobage est un paramètre essentiel à prendre en compte pour la surveillance de l'état des structures (SHM). Pour cette raison, plusieurs études sur le béton d'enrobage ainsi que le développement de différentes méthodes d'évaluation non destructive (END) pour détecter ce paramètre ont été faites. Parmi les méthodes END développées, la thermographie infrarouge est une technique de mesure de la température basée sur le transfert de chaleur par rayonnement thermique. En se basant sur la mesure de la différence de température à la surface des matériaux ou des structures, elle permet de détecter la présence de problèmes, de défauts ou de variation des propriétés de conduction thermique sous la surface. Le développement des méthodes de thermographie infrarouge active s'est accompagné du développement des méthodes d'interprétation et de techniques de stimulation adoptées (systèmes d'excitation telles que lampes halogènes, laser CO<sub>2</sub>, et micro-ondes) pour plusieurs applications telles que la détection d'un élément métallique derrière une plaque de bois, détection de défaut dans le renforcement avec composite (CFRP) et le défaut dans le matériau biomédical, ainsi que la détection des barres d'acier dans un mur en béton armé. Cependant, la détection du béton d'enrobage (quantitative) par cette méthode, notamment en phase d'échauffement, n'est pas encore accessible. La présente étude propose une méthodologie innovante avec la thermographie micro-ondes qui permet de déterminer l'épaisseur du béton d'enrobage d'une couche d'armatures (12 mm de diamètre régulièrement placés à 10 cm) dans un mur en béton armé (1 m x 1 m x 6,5 cm). La méthodologie est divisée en sept étapes. De la première à la quatrième étape, l'expertise des méthodes de thermographie infrarouge est appliquée. Dans la première étape, cinq campagnes expérimentales avec la thermographie micro-onde sont réalisées avec cinq angles de direction de l'antenne (correspondant aux angles des ondes incidentes): 0° (direction normale de l'antenne), 15°, 30°, 45° et 60°. De l'étape cinq à l'étape sept qui est la dernière étape, la combinaison d'une

---

\*Intervenant

†Auteur correspondant: sam-ang.keo@cerema.fr

loi physique (Snell-Descartes) et d'une méthode d'analyse mathématique (loi linéaire) est nécessaire. En utilisant l'approche par transmission (la caméra infrarouge et l'antenne sont situées dans différent côté par rapport au mur détecté), la méthodologie proposée amène à déduire la valeur approchée de l'épaisseur du béton d'enrobage qui est très proche (2% d'écart) de la valeur réelle (3,8 cm), l'espacement des barres d'acier et aussi la constante diélectrique du béton. La détection de l'épaisseur d'enrobage béton est une autre nouvelle réalisation remarquable parmi toutes les applications par la thermographie infrarouge.

**Mots-Clés:** Structural health monitoring (SHM), Evaluation non destructive (END), Thermographie infrarouge, Microondes, Béton armé, Enrobage