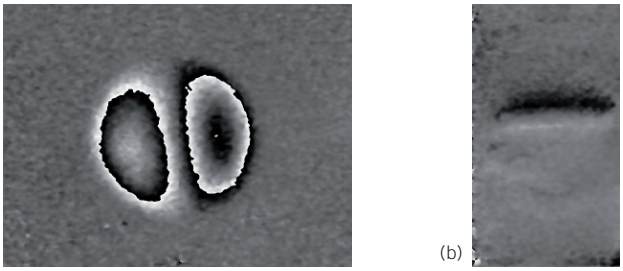
MESURE D'UN CHAMP DE DÉFORMATION PAR SHEAROGRAPHIE
(contrôle du collage composite/béton - détection de fissures)

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIF	Mesure d'un champ de déformation Contrôle non destructif du collage composite/béton Détection de fissures en surface
PRINCIPE	La shearographie est une technique optique de mesure d'un champ de déformation et est encore appelée « interférométrie différentielle de speckle » ou cisaillographie. L'examen consiste à mesurer deux images dépendant de la forme de la surface visée avant et après sollicitation (thermique, mécanique, etc.). La soustraction de ces deux informations révèle la déformation subie par la structure entre ces deux états. Une déformation anormale révèle la présence d'un endommagement : délaminage, décollement, fissure, variation de rigidité, etc. La sollicitation est un élément important de la méthode. Elle est choisie en fonction de la nature des matériaux à ausculter et des défauts recherchés. On peut utiliser une sollicitation thermique ou mécanique dans le cadre du diagnostic du collage composite/béton. Pour la détection des fissures sur ouvrages d'art, on peut utiliser la sollicitation mécanique naturelle issue du trafic routier.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Non destructif
MATURITÉ	Méthode éprouvée pour le CND des assemblages collés (détection de décollement). Au stade du laboratoire pour la caractérisation des assemblages collés (qualité de l'adhésif) et pour la détection de fissure.
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	L'équipement se compose : – d'un interféromètre de shearographie muni de sa caméra ; – d'une source laser monochromatique ; – d'un ordinateur permettant le pilotage de l'interféromètre (cale piézo-électrique, acquisition d'image) ; – d'un logiciel d'acquisition et de traitement d'images.



Interféromètre (CEREMA)



(a) (b)

Mesures de déformation au droit d'une zone décollée (a) et d'une fissure (b) (CEREMA)

MODALITÉS D'APPLICATIONS

DOMAINE D'APPLICATION	Détection de défauts de collage ou de délaminages sur composite-béton : – la sollicitation peut être obtenue de différentes manières : thermique (flash, chauffage continu), mécanique (mise en flexion, choc, vibratoire) ou mise en dépression de la surface collée ; Caractérisation de la qualité de l'adhésif composite-béton : – sollicitation par dépression.

DOMAINE D'APPLICATION	Détection de fissures sur béton : – sollicitation mécanique statique (compression/traction, flexion, etc.) ou mise en vibration de la structure (trafic routier), sollicitation thermique (chauffage ou gradient thermique dû à l'ensoleillement).
SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	La surface de la structure à inspecter doit avoir un aspect blanc et rugueux afin de diffuser la lumière du laser. Le béton brut convient parfaitement. Dans le cas contraire, on peut projeter de la poudre blanche utilisée comme révélateur dans le ressuage ou peindre en blanc la structure. Limiter la présence de courant d'air entre le matériel de shearographie et la surface visée.
LIMITES D'UTILISATION	Du point de vue des courants d'air, les perturbations qu'ils génèrent doivent être lentes par rapport à la période d'enregistrement d'une image de déformation.
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	L'incertitude-type de mesure de déformation est de l'ordre d'une fraction de la longueur d'onde du laser utilisé, typiquement $\lambda/100$ (soit $u \approx 5$nm pour un laser vert à 532 nm). La sensibilité est ajustable. Plage de mesure entre 10 µm et 15nm.
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Un chargé d'investigation ayant une grande expérience dans la conception de l'expérimentation (choix de la sollicitation) et dans l'interprétation des résultats.
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	La surface doit être accessible afin de pouvoir l'éclairer et l'observer. On peut avoir recours à un miroir qui doit être non déformable pendant la sollicitation.
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Non
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	Auscultation de quelques m^2/min à quelques m^2/h selon la distance au parement et le champ de l'appareil. L'échantillonnage spatial dépend du nombre de pixel de la caméra montée sur l'interféromètre de shearographie et du grandissement de l'objectif.
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Quasi-immédiat (1 min. pour faire une image de déformation)
PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Aucune
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Les courants d'air irréguliers gênent la mesure
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Sécurité laser : le port de lunettes est recommandé, néanmoins la divergence du faisceau limite les risques lorsqu'on s'éloigne du point source.
ENCOMBREMENT – POIDS	Matériel portable
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Mesure sur une surface de 1 cm^2 à 1 m^2, avec obtention des résultats en temps réel Méthode sans contact et non destructive Fonctionne sur des matériaux non polis
INCONVÉNIENTS	Difficulté de bien choisir la sollicitation par rapport aux types de défauts recherchés Interprétation des résultats de mesures souvent délicate
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Rare
COÛT	Élevé

RÉFÉRENCES

NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES

Y. Y. Hung, Y. S. Chen, S. P. Ng, Y. H. Huang, B. L. Luk, R. W. L. Ip, C. M. L. Wu, P. S. Chung. – Review and comparison of shearography and active thermography for nondestructive evaluation. – Materials Science and Engineering 64 (2009), pp. 73-112.

F. Taillade, M. Quiertant, K. Benzarti, C. Aubagnac – Evaluation of bonded FRP strengthening systems for concrete structures using Infrared Thermography and Shearography. - Proceedings of the 7th International Symposium on Non Destructive Testing in Civil Engineering (NDTCE 2009), Nantes, France, 2009.

V. Muzet, P. Blain, Y. Guillard, Application de la shearographie à la détection de fissures sur ouvrages d'art, BLPC n°273, décembre 2008, p. 81-91.