DÉTECTION DES DÉFAUTS DE COLLAGE D'ÉTANCHÉITÉ EN FEUILLES PRÉFABRIQUÉES PAR THERMOGRAPHIE INFRAROUGE

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIF	Détection de manques d'adhérence au support d'une chape d'étanchéité en feuilles préfabriquées (défauts de type cloquage, gonfle, i.e. présence d'une lame d'air).
PRINCIPE	La différence de température rencontrée à différents moments de la journée entre l'extrados du tablier d'un ouvrage d'art et le milieu ambiant, se traduit par l'existence d'un transfert de chaleur en régime dynamique entre ces deux milieux. La température de surface du tablier en un point donné varie donc avec le temps en fonction de la sollicitation thermique en surface, mais aussi des propriétés thermiques des matériaux rencontrés. La présence d'air sous une chape d'étanchéité augmente localement la résistance thermique : elle induit une élévation (en phase de réchauffement du tablier de l'ouvrage) ou une diminution (en phase de refroidissement du tablier) de la température de surface, ce qui se traduit par une hétérogénéité dans la propagation du flux thermique. L'observation de la surface de l'ouvrage à l'aide d'une caméra thermique infrarouge permet de mettre en évidence les phénomènes révélateurs de défauts d'adhérence.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Non destructif
MATURITÉ	Faible ; application de la technique radar à cette problématique en cours de développement.
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	Une caméra infrarouge est sensible à l'énergie rayonnée par la surface observée qui est supposée être à l'équilibre thermique local. Le flux reçu par la caméra peut être relié à la température apparente de la surface en utilisant une loi d'étalonnage. Cette loi d'étalonnage est établie pour une configuration optique donnée. La température mesurée résulte de l'équilibre thermique de la zone auscultée avec son environnement, éléments qui sont le siège de phénomènes de transfert thermique. L'acquisition est effectuée avec une caméra infrarouge (généralement équipée de détecteurs de type microbolomètre (*) dans le cadre de cette application), qui a la propriété de transformer un rayonnement infrarouge en signal électrique mesurable. (*) Chaque microbolomètre est une thermistance qui s'échauffe en fonction du flux absorbé ; l'ensemble des microbolomètres sont répartis sur une matrice. Pour l'application considérée, il est recommandé une résolution minimale de 320 x 240 détecteurs.  Exemple de caméra infra rouge (CEREMA)

MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	Les indications fournies par une caméra infrarouge, exprimées sous la forme de températures de surface d'objets, sont dépendantes de l'émissivité des matériaux constitutifs (attention à la direction d'observation), du milieu traversé et de l'état d'équilibre thermique local du milieu au moment de la mesure. On estime que, pour l'application objet de la présente fiche, la résolution thermique minimale de la caméra utilisée doit être : – de 0,2°C dans le cas d'un contrôle de réception de collage de feuille préfabriquée ; – et de 0,1°C dans le cas d'un examen de chape d'étanchéité recouverte d'une épaisseur maximale de l'ordre de 6 cm de béton bitumineux. Des logiciels d'exploitation sont proposés par certaines sociétés distributrices permettant le pilotage de la caméra et l'exploitation des données.
MODALITÉS D'APPLICATIONS	
DOMAINE D'APPLICATION	Contrôles non destructif de mise en œuvre et de réception des chapes d'étanchéité de type feuille préfabriquée monocouche et feuille préfabriquée asphaltée. Contrôle en service des feuilles préfabriquées recouvertes d'une couche de roulement peu épaisse (moins de 6 cm environ) dans des conditions d'ensoleillement favorables.
SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	Le tablier de l'ouvrage doit être propre, exempt de tout stationnement de matériel et de circulation de véhicules, si possible pendant les 4 heures précédant l'examen, pour une bonne homogénéité thermique de la surface observée. L'utilisation n'est pas possible sous la pluie ; les observations sont délicates par vent fort ou en cas de variations brusques des conditions ambiantes. L'utilisation d'une nacelle positive est vivement recommandée pour l'examen des chapes recouvertes. Il convient de respecter un angle d'inclinaison maximal de 60° par rapport à l'horizontal afin de limiter les phénomènes de réflexion. Il est bon de prévoir pour chaque acquisition d'image dans l'infrarouge l'acquisition d'une image dans le visible de la scène observée.
LIMITES D'UTILISATION	Technologie pour l'instant limitée aux étanchéités nues ou recouvertes de revêtements de chaussée minces (< 6 cm environ). Importance des facteurs atmosphériques dans la détection : il faut que la sollicitation thermique génère dans la journée un régime transitoire et que les variations de température générées soient mesurables avec la caméra infrarouge utilisée sur site. Importance des horaires d'intervention dans la journée, correspondant aux contrastes thermiques les plus francs.
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	À l'aide d'une caméra thermique infrarouge de 0,1°C de résolution, il est possible de détecter des défauts de l'ordre de quelques cm². Des résultats empiriques disponibles dans la littérature, s'appuyant sur l'utilisation d'une source d'excitation thermique contrôlée, montrent que le plus petit rayon observable pour un défaut doit être supérieur à 1 à 2 fois la profondeur d'observation. Il est également annoncé que la perte de contraste sur les thermogrammes des zones avec défauts est proportionnelle à la valeur de la profondeur élevée au cube.
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Chargé de contrôle ou d'investigation ayant reçu une formation spécifique sur le matériel, sur le transfert de chaleur et la mesure par thermographie infrarouge (notions de base). Bonne connaissance des chapes d'étanchéité et des types de défauts rencontrés.
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	Accès à une seule face (par le dessus de la chaussée).
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Oui, au moins 4 heures avant les mesures sur les voies examinées (dans le cas d'un ouvrage recouvert de la couche de roulement).
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	En fonction de la fréquence des défauts rencontrés, environ 2 000 m² /jour
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Immédiat

PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Mesures impossibles sur voies sous circulation et durant une période pouvant atteindre quatre heures suivant l'arrêt du trafic (perturbations thermiques dues principalement aux pneus et échappements des véhicules).
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Sensible aux conditions météorologiques ambiantes, examen impossible en cas de pluie, difficile en cas de grand vent ou de faible gradient de température jour-nuit. Sensible aux effets d'ombre. Le paramètre le plus important est la sollicitation thermique et sa durée pour aboutir à un régime transitoire au niveau de la scène de mesure dont la réponse est fonction de sa composition.
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Pas de problème de sécurité spécifique à la caméra.
ENCOMBREMENT – POIDS	Matériel portable
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Rapidité de détection Technique exhaustive, à grand rendement et non destructive pour les essais de réception d'un complexe d'étanchéité Mise en œuvre simple pour un spécialiste en étanchéité
INCONVÉNIENTS	Dépend fortement des conditions météorologiques Coût du matériel (mais en baisse constante) Technologie peu diffusée pour l'instant
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Moyenne, mais en phase d'augmentation
COÛT	Moyen, mais à pondérer en fonction du service rendu et du rendement de la méthode
RÉFÉRENCES	
NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES	Cannard H., Fragnet M., Péro F., Thaveau M.P. - «Le contrôle non destructif de réception des chapes d'étanchéité des ponts routiers par thermographie infrarouge – Bulletin Ouvrages d'Art du SETRA N°56 (Nov. 2007, pp.24-27) Fascicule 67 du CCTG, art 12.4 et ses commentaires.