

AUSCULTATION NEUTRONIQUE

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIF	Détection et localisation d'humidité dans et/ou sous le complexe couche de roulement + étanchéité.
PRINCIPE	Les neutrons émis par une source radioactive sont ralentis par l'hydrogène de l'eau contenue dans le ou les matériaux auscultés (phénomène de thermalisation). Un compteur à hélium permet de quantifier ces neutrons thermalisés. Les relevés obtenus sont alors directement proportionnels à la teneur en hydrogène et donc à la teneur en eau du volume testé.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Non destructif
MATURITÉ	<p>Les appareils de mesure sont utilisés couramment par les équipes de contrôle des travaux routiers (qualité des enrobés) mais essentiellement pour la mesure de la densité des enrobés et très peu pour la mesure de la teneur en eau.</p> <p>Les sondes neutroniques sont très utilisées en géotechnique/géologie pour la mesure d'humidité dans les sols.</p> <p>Les laboratoires spécialisés en diagnostic d'étanchéité l'utilisent couramment pour des expertises de réservoirs, de caves, de toitures terrasse et plus exceptionnellement de tunnels et de ponts.</p> <p>L'extension aux chapes d'étanchéité des ouvrages d'art est encore expérimentale. Cette méthode peut être associée à une auscultation radar et son interprétation nécessite l'ouverture de fenêtres de reconnaissance.</p>
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	<p>Les matériels les plus utilisés comprennent un système de production de neutrons (source radioactive Américium 241 (Am 241)) et un système de réception (compteur à hélium sensible aux neutrons thermalisés).</p> <p>Certains appareils, couramment employés pour le contrôle de compactage des enrobés, permettent également de faire des mesures de masse volumique (gammadensimètres) ; on parle alors de sondes mixtes.</p> <div data-bbox="494 1456 1276 1904" style="text-align: center;"> </div> <p>Sonde mixte de surface en position de mesure de la teneur en eau et de la masse volumique (Source : CPN MC-3 Portaprobe - Notice d'utilisation)</p>

MATÉRIEL SPÉCIFIQUE
EMPLOYÉ



Sonde simple de surface

MODALITÉS D'APPLICATIONS

DOMAINE D'APPLICATION

Méthode pouvant être utilisée dans le cadre d'auscultation de chapes d'étanchéité sur tout type d'ouvrages en service (béton armé, béton précontraint, maçonnerie, métal) et quelle que soit la structure des couches traversées : couche de roulement, chape d'étanchéité, présence de renformis, de reprofilage en béton bitumineux ou hydraulique.

Auscultation généralement déployée sur l'ensemble de la surface du tablier mais pouvant être restreinte à des zones plus limitées.

Établissement d'une cartographie identifiant des zones plus ou moins humides dans le volume de matériaux traversé (couche de roulement et son support).

Mesure de la teneur en eau moyenne dans le volume de matériaux traversé (sous réserve d'un étalonnage /calibrage, lorsque le prélèvement des matériaux concernés sur l'ouvrage est autorisé).

SUJÉTIONS PRATIQUES
D'INTERVENTION

Respect des conditions de radioprotection définies par la réglementation.

Pas d'intervention sous la pluie et/ou immédiatement après un épisode pluvieux : prévoir un délai suffisant pour le drainage et le séchage de l'eau présente dans la couche de roulement.

Dans la mesure du possible, prévoir le prélèvement de carottes pour l'étalonnage (mesures des épaisseurs et des teneurs en eau des différentes couches).

Méthode à coupler avec un relevé visuel de dégradations de la couche de roulement et une auscultation RADAR (voir fiches B6-2 et C1-3).

LIMITES D'UTILISATION

Profondeur d'auscultation limitée (entre 10 et 30 cm selon les appareils).

PRÉCISION ET/OU
SENSIBILITÉ

La précision dépend du nombre de neutrons émis. Le temps d'émission des neutrons, qui en dépend, est réglable (entre 15 et 60 secondes en général pour les matériels courants).

S'agissant d'une mesure intégrante (la méthode mesure l'humidité des matériaux sous la sonde), il est difficile de différencier l'eau dans la couche de roulement de celle sous l'étanchéité sauf étalonnage /calibration ou ouverture de fenêtre. La mesure est sensible aux variations d'épaisseur et de compacité des couches traversées ; en outre, la sensibilité diminue avec l'augmentation de l'épaisseur de la couche de roulement.

PERSONNEL ET
COMPÉTENCES

Chargé d'investigations.

Personnel spécialisé, formé à l'utilisation du matériel et aux risques liés à l'utilisation de sources radioactives et disposant des habilitations nécessaires avec la supervision d'une personne compétente en radioprotection (PCR).

CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES

ACCÈS À 1 OU 2 FACES

Accès à une face (depuis l'extrados du tablier).

COUPURES OU
RESTRICTIONS DE
CIRCULATION NÉCESSAIRES

L'auscultation se faisant en général par voie de circulation, elle nécessite la coupure successive de chaque voie du tablier. Un périmètre de sécurité est défini pour chaque intervention sous la responsabilité de la PCR.

RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	Mesures ponctuelles (tous les 0,5 à 1,5 m) effectuées selon des profils longitudinaux (espacés de 0,5 à 2 m). Méthode à faible rendement (environ 100 m ² / heure).
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Délais dépendant du temps nécessaire à l'établissement d'une cartographie des mesures. L'utilisation <i>in situ</i> d'un ordinateur portable et d'un logiciel de représentation permet de disposer d'une première restitution des résultats dès la fin de l'auscultation. Un temps d'analyse supplémentaire est néanmoins nécessaire pour disposer d'une analyse approfondie qui intègre notamment les éventuels essais d'étalonnage/calibration en laboratoire sur prélèvements.
PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Non
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Non
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Déclaration de l'équipe et du matériel à l'ASN (Autorité de sûreté nucléaire). Périmètre de sécurité de 5 m autour de l'appareil pendant les mesures. Habilitation du personnel conforme aux exigences de la réglementation en vigueur. Implication d'une personne compétente en radioprotection Port d'un dosimètre individuel afin de surveiller l'exposition aux radiations durant l'emploi de l'appareil et son nettoyage.
ENCOMBREMENT - POIDS	Matériel portable à l'exception du matériel de carottage beaucoup plus lourd et encombrant.
AVANTAGES - INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	L'intérêt de la méthode réside dans sa sensibilité spécifique à l'hydrogène et donc à l'eau ainsi que dans sa simplicité de mise en œuvre.
INCONVÉNIENTS	Le matériel est sensible à l'humidité sous la sonde mais il s'agit d'une mesure intégrante. Il est difficile de différencier l'eau dans la couche de roulement de celle sous la chape. Les mesures sont généralement comparatives et leur interprétation peut être délicate en l'absence d'étalonnage/calibration ou d'ouverture de fenêtre. Des variations importantes de l'épaisseur de la couche de roulement et/ou de sa compacité constituent des biais d'interprétation.
DISPONIBILITÉ - COÛT	
DISPONIBILITÉ	Peu courante
COÛT	Moyen (vacation de personnel spécialisé, mise à disposition du matériel spécifique, temps d'analyse et d'interprétation réduit).

RÉFÉRENCES

NORMES - MODES
OPÉRATOIRES - ARTICLES

Guide technique « Pathologies, diagnostic et réparation des chapes d'étanchéité d'ouvrages d'art » (Ifsttar, 2011)

Procédure de diagnostic D5-1 « [Diagnostic de l'étanchéité](#) » du cahier interactif
Modes d'emploi des appareils

« Les sondes à neutrons et à rayons gamma : leurs applications en agronomie », Deuxième édition, Agence Internationale de l'Energie Atomique, Vienne 2003.

Norme ASTM C1040/C1040M-08, Standard test methods for in place density of unhardened and hardened concrete, including roller compacted concrete, by nuclear methods.

Norme ASTM D6938-08a, Standard test methods for in place density and water content of soil and soil-aggregate by nuclear methods.

Norme ASTM D2950-09, Standard test methods for in place density of bitumous concrete in place by nuclear methods.

Arslan A. et AL., "The performance and radiation exposure of some neutron probes in measuring the water content of the topsoil layer", Aust. Soil Res., 35, 1997, pp. 1397-1407.

Grisoni J.-C., Mino T., Thorin R., Unvois J.-P., « Les diagraphies nucléaires développées par les LPC - Applications aux études de sites et au suivi d'ouvrages difficiles », Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 168, 1990, pp. 5-13.