C6-13

DIAGRAPHIE NUCLÉAIRE à RADIOACTIVITÉ PROVOQUÉE EN FORAGE

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIF	Mesure de la densité du milieu ausculté ou de sa teneur en eau en profondeur le long d'un tube scellé dans le sol ou dans un élément de fondation (en béton ou en maçonnerie) en vue de détecter des anomalies (qualitatif) ou d'obtenir des mesures de ces deux paramètres (quantitatif).
PRINCIPE	Après réalisation d'un forage dans lequel on place un tubage (PVC ou métallique), le principe consiste à mesurer in situ, sur toute la profondeur du forage, la densité ou la teneur en eau des matériaux environnant le forage dans un rayon de quelques décimètres. La mesure se fait à différentes profondeurs à l'aide d'une sonde à radioélément que l'on déplace dans le forage. Le principe de mesure utilise l'effet de la rétrodiffusion du rayonnement sur les matériaux ; il existe deux types de sondes : – la sonde gamma gamma, qui utilise le phénomène de diffusion Compton des rayonnements gamma par la matière. Le principe consiste à envoyer un flux de photons gamma émis par une source radioactive et à mesurer le flux de photons rétrodiffusés par le matériau environnant ; le flux reçu dépend de la densité du matériau environnant ; – la sonde neutron neutron, qui utilise le phénomène de ralentissement des photons rapides par les noyaux du matériau environnant, et notamment ceux de l'hydrogène. Le principe consiste à envoyer des neutrons rapides émis par un radioélément à l'extrémité de la sonde et à compter les neutrons thermiques réémis par le matériau à l'aide de deux détecteurs ; le flux reçu dépend de la teneur en eau du matériau. Les flux, mesurés par des comptages de neutrons ou de photons, fournissent des contrastes de densité ou de teneur en eau, ce qui correspond à une vision qualitative. Un résultat quantitatif peut être obtenu par étalonnage en laboratoire sur des matériaux de teneur en eau et de densité parfaitement connus.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Partiellement destructif en cas de forage dans une fondation
MATURITÉ	Méthode éprouvée (depuis 1970-1980)
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	Matériel nécessaire au forage préalable (machine et atelier de forage du type de ceux employés pour les reconnaissances de sols). Pour la mesure : – Sonde ; – Touret-treuil ; – Poste de mesure.

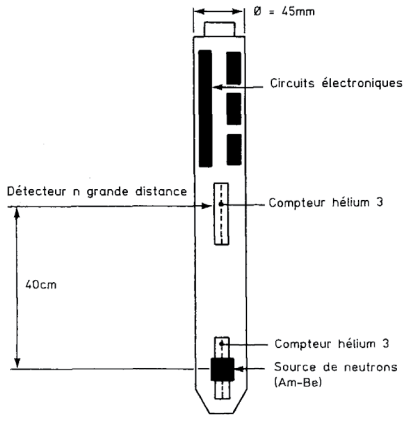


Schéma de principe de la sonde de diagraphie neutron-neutron (IFSTTAR)

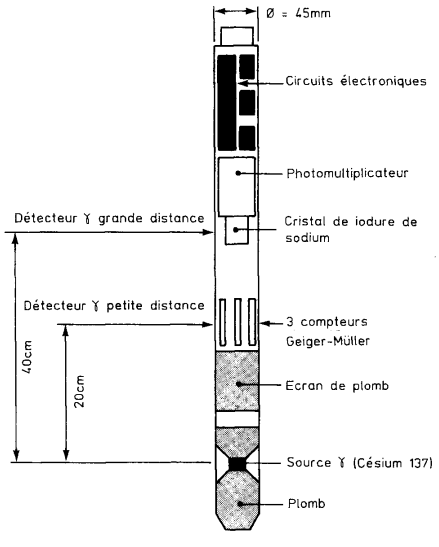


Schéma de principe de la sonde gamma-gamma developpée par les LPC (IFSTTAR)

MODALITÉS D'APPLICATIONS	
DOMAINE D'APPLICATION	Cette technique permet d'avoir une connaissance en profondeur des caractéristiques en place de masse volumique et de teneur en eau, et d'en suivre leur évolution. Elle s'applique traditionnellement à un sol ou à une fondation.
SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	Dans le cas de sols peu consistants, on peut être amené à mettre en œuvre un tubage provisoire pour pouvoir mettre en place le tube définitif jusqu'au fond du forage. Dans certains cas, on peut être amené à vider l'eau présente dans le forage ou à compléter le niveau d'eau dans le forage.
LIMITES D'UTILISATION	La mesure nécessite un accès à la tête de la fondation et un tirant d'air suffisant au dessus du sol ou de la fondation pour pratiquer le forage et engager les sondes de diagraphie dans le forage.
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	Précisions sur la valeur absolue : – 0,1 T/m3 pour la masse volumique ; – 2 % pour la teneur en eau exprimée en %.
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Habilitation du personnel vis à vis de la radioprotection. Un chargé d'investigation possédant une compétence pour l'interprétation d'un dépouillement de diagraphie nucléaire.
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	Accès à une face (partie supérieure)
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Sans objet
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	Mesure manuelle qui demande environ 1 heure par forage (le forage étant déjà équipé d'un tube)
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Le temps du dépouillement des mesures
PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Non
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Non
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Distance de sécurité à respecter pour le public. Risques pour les utilisateurs qui doivent être formés et habilités à la radioprotection.
ENCOMBREMENT – POIDS	Sondes d'environ 2 m de long et de diamètre 50 mm
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Méthode précise pour détecter et positionner dans un sol ou dans une fondation une zone d'anomalie de densité ou de teneur en eau. Mesure quantitative des paramètres de densité et teneur en eau. Possibilité de suivi des ouvrages sur le long terme.
INCONVÉNIENTS	Coût de la réalisation d'un forage Faible disponibilité de l'appareillage Contraintes liées à la radioprotection, bien qu'il n'y ait pas de problème pour intervenir en zone urbaine

DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Rare
COÛT	Élevé (à cause du forage)
RÉFÉRENCES	
NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES	Auscultation d'un élément de fondation – Partie 5 : Méthode par diffusion nucléaire à rayonnement gamma. Thorin R., Grisoni J.-C., Unvois J.-P.,Mino T. – Les diagraphies nucléaires développées par les LPC. Application aux études de sites sensibles : cas des versants gypseux. – Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées n°165 - Janv-Fév 1990 Grisoni J.-C., Mino T., Thorin R., Unvois J.-P. – Les diagraphies nucléaires développées dans les LPC. Application aux études de sites et au suivi du comportement d'ouvrages difficiles. – Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées n°168 - Juill-Août 1990. Ferber V., Delfaut A. – Application des sondes de diagraphies nucléaires dans le domaine du contrôle des fondations profondes et des comblements de cavités souterraines. – Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées n°228. Septembre-Octobre 2000. Lagabrielle R. – Diagraphies et géophysique de forage. Techniques de l'Ingénieur, Référence C225, Chapitre 5, mai 2007.