ÉVALUATION DU TAUX D'OXYDATION DES CÂBLES PAR AUSCULTATION ÉLECTROMAGNÉTIQUE

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIF	Détecter et quantifier l'oxydation interne et externe de fils dans les câbles.
PRINCIPE	L'évaluation du taux d'oxydation d'un câble monotoron par auscultation magnétique consiste à déplacer une bobine (solénoïde) le long du câble pour rechercher et quantifier la présence d'oxydation généralisée externe et interne. La bobine est alimentée par un courant alternatif de fréquence 10 kHz qui génère un champ magnétique alternatif. On mesure l'impédance du solénoïde, qui varie selon l'importance des courants de Foucault prenant naissance dans le câble, ces derniers étant dépendants de la conductivité transversale liée aux conditions de contact entre les fils. En présence d'oxydation la conductivité diminue et l'impédance du solénoïde augmente. Des courbes d'étalonnage établies en laboratoire sur des tronçons de câble neufs et corrodés (puis autopsiés avec mesure des proportions d'oxydes) permettent l'interprétation des signaux délivrés par les bobines *in situ*. La mesure du taux d'oxydation nécessite la connaissance de l'impédance du câble sain ; en l'absence de cette donnée, la mesure n'est que qualitative mais permet une exploitation fiable comme indicateur de suivi par comparaison de mesures réalisées à intervalles réguliers.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Non destructif
MATURITÉ	Méthode mise au point et éprouvée depuis les années 1970.
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	Bobines constituées de deux demi-coquilles munies de connecteurs sur toute leur longueur. Le diamètre des câbles doit être au minimum de 40 mm ; il existe des bobines adaptées aux diamètres les plus courants (50 mm à 120 mm) mais des diamètres supérieurs peuvent être auscultés si un appareil sur mesure est réalisé. Système d'acquisition de mesures constitué d'un boîtier et d'un ordinateur portable.  Bobines magnétiques utilisées pour l'auscultation (Cerema)

MODALITÉS D'APPLICATIONS

DOMAINE D'APPLICATION	La méthode est principalement utilisée sur les câbles et suspentes de ponts suspendus ainsi que sur les haubans (câbles monotorons et câbles clos élémentaires, composés de fils clairs ou galvanisés).  Bobine magnétique en position sur un câble de pont suspendu (Cerema)

DOMAINE D'APPLICATION	 Bobine enserrant un câble monotoron près de son ancrage (Cerema)
SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	Les bobines sont déplacées le long des câbles à l'aide de cordes. La présence de suspentes, de colliers ou de tout autre obstacle nécessite de démonter la bobine pour la réinstaller de l'autre côté. L'espacement entre câbles doit permettre la mise en place de la bobine.
LIMITES D'UTILISATION	La méthode permet uniquement de détecter et évaluer l'oxydation généralisée. Les attaques locales de type piqûres de corrosion ou corrosion fissurante ne sont pas détectées. Elle ne permet pas d'ausculter les parties de câbles sous les colliers, au droit des colliers, sur les selles et dans les ancrages. à l'heure actuelle, il n'est pas possible d'ausculter les câbles toronnés assemblés en faisceau ou situés à l'intérieur d'un conduit métallique.. L'application de la méthode est impossible sur les câbles amagnétiques ou faiblement magnétiques. La présente méthode doit être appliquée en premier si on envisage une auscultation magnétique pour évaluer les défauts de section des câbles, en raison de la magnétisation résiduelle qui en résulte.
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	Si la valeur d'impédance du câble sain est disponible il est possible d'avoir une très bonne idée du niveau d'oxydation. L'état de dégradation du câble est indiqué par le nombre de couches oxydées (précision à 1 couche près). Un taux d'oxydation est fourni par les abaques, celui-ci représente la portion massique des oxydes dans la section considérée. Cette valeur demeure indicative car elle peut varier fortement, néanmoins celle-ci est représentative d'une évolution de l'oxydation. La mesure du taux d'oxydation est un bon indicateur de suivi d'évolution de la corrosion généralisée.
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Chargé d'investigations spécialisé. Quels que soient les cas, une grande expérience des câbles et des ouvrages d'art est nécessaire pour interpréter les résultats.
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	Accès à l'ensemble du câble.
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	La méthode nécessitant l'accès aux câbles, l'usage de nacelles élévatrices est souvent indispensable. Le positionnement de la nacelle sur la chaussée requiert alors la fermeture à la circulation ou la mise en place d'alternats. Pour les ouvrages de grandes dimensions, le positionnement du matériel d'enregistrement dans un fourgon positionné sur l'ouvrage peut être nécessaire.
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	Le temps d'investigation sur un ouvrage est surtout fonction de l'accès aux câbles, du nombre de câbles et du nombre de montages/démontages au passage des obstacles. En section libre, la bobine est déplacée à raison de plusieurs mètres par minute. La méthode peut être réalisée de manière exhaustive sur l'ensemble de l'ouvrage ou de manière ciblée selon les besoins.
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Enregistrement en temps réel sur site ; le temps d'interprétation est assez court mais nécessite un paramétrage du logiciel d'interprétation. Le traitement s'avère plus rapide dans le cadre d'un suivi.
PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Aucune

PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Présence de ligne THT à proximité, ligne électrique positionnée sur le cable et pluie importante ou neige (perte de sensibilité et court circuit possible sur les bobines). En cas d'intempéries le matériel d'enregistrement doit être positionné à l'abri (véhicule).
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Contraintes du travail en hauteur sur les ponts à câbles et contrainte de travail au voisinage de la circulation dans le cadre d'un alternat.
ENCOMBREMENT – POIDS	Matériel portable et léger
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Seule méthode permettant d'ausculter de façon non destructive des câbles de ponts suspendus pour évaluer l'état de corrosion généralisée.
INCONVÉNIENTS	Interprétation délicate des informations qui fait appel à un spécialiste de la méthode et des ouvrages d'art (qualification et expérience nécessaires).
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Rare.
COÛT	Moyen, directement dépendant du nombre de mesures (montage/démontage) à réaliser.
RÉFÉRENCES	
NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES	Gourmelon J.P., Robert J.L. – Méthodologie d'auscultation et de surveillance des câbles de ponts suspendus. – Bull. liaison LPC 139, Sep-Oct 1985, pp 85-92. Les ponts suspendus en France. – Annexe 4 : Notices techniques sur les moyens de contrôle et de surveillance des câbles. – Guide LCPC-SETRA, décembre 1989. Cherrier J.-F., Vaurigaud B., Auscultation magnétique des câbles - mesure du taux d'oxydation et détection des défauts, Présentation COTITA, Juin 2015. Vaurigaud B., Cherrier J.-F., Evaluation de l'oxydation généralisée d'un câble par méthode magnétique, Présentation JTOA, mai 2016. Cherrier J.-F., Vaurigaud B., Piednoir R., Auscultation Pour des Ouvrages Sûrs – Durabilité des câbles et des armatures – Auscultation électromagnétique des câbles de ponts suspendus. Rapport, novembre 2016.