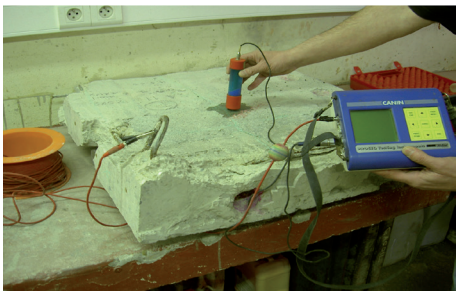
MESURE DU POTENTIEL D'ÉLECTRODE

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

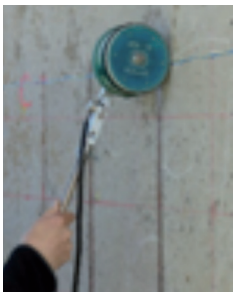
OBJECTIF	Évaluation de l'état d'enrouillement des armatures du béton armé.
PRINCIPE	L'état de corrosion des armatures dans le béton peut être appréhendé de manière qualitative en effectuant des mesures de potentiels libres ou potentiels de corrosion. Il s'agit de mesurer, à l'aide d'un voltmètre à haute impédance (10 MΩ au minimum), la différence de potentiel entre l'armature du béton (la connexion nécessite un forage) et une électrode de référence (en général Cu/CuSO4) placée sur le parement de béton. La conductivité électrique est assurée par mouillage de la surface du parement. Dans le passé, les valeurs des potentiels libres mesurés sur ouvrage étaient ensuite comparées aux valeurs citées dans la norme ASTM C-876-91 (ré-approuvée en 1999) qui délimitaient les probabilités de corrosion (ρ en %) suivantes (pour une électrode de référence Cu/CuSO4) : – Si Ep ≥ -200 mV, $\rho < 10\%$ – Si -350 mV ≤ Ep < -200 mV, $\rho = 50\%$ – Si Ep < -350 mV, $\rho = 50$ à 90%. Elles permettaient ainsi d'estimer, dans des conditions normales d'exposition du béton, le degré d'enrouillement éventuel des aciers. Le retour d'expérience a montré que ces règles n'étaient pas fiables et maintenant il convient de se reporter à la recommandation RILEM TC 154 qui conseille d'interpréter les mesures en gradients de potentiels et non pas en seuils de potentiels. La nouvelle version de la norme ASTM C 876-09 se base maintenant aussi sur des cartes isopotentielles, mais continue à citer les valeurs de seuil mentionnées ci-dessus.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Non-destructif (forage ponctuel pour se connecter à une armature dans le béton).
MATURITÉ	Méthode utilisée depuis une quarantaine d'années.
MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	– matériel électromagnétique de détection d'armatures ; – règle (traçage des treillis d'armatures) ; – craie (marquage des treillis d'armatures) ; – perceuse à percussion (puissance minimale de 600 W) avec mèche à béton ; – pulvérisateur (mouillage du support avant exécution des mesures pour assurer la continuité électrolytique du béton) ; – dispositif type « pince-crocodile » ou « pince-étau » pour connexion à l'armature ; – voltmètre à haute impédance (10 MΩ au minimum) ou matériel de mesure de type CANIN ; – électrode Cu/CuSO4 saturée ; – mortier de ciment (rebouchage du trou de connexion à l'armature).



Appareil de mesure type CANIN (CEREMA)



Electrode Cu/CuSO4
(CEREMA)



Mesure de potentiel à grand rendement à l'aide d'une roue d'électrodes
(IFSTTAR)

MODALITÉS D'APPLICATIONS	
DOMAINE D'APPLICATION	Structures en béton armé et éventuellement en béton précontraint par pré-tension (ouvrages d'art, bâtiments, etc.).
SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	Vérifier l'état de l'électrode Cu/CuSO4 (la solution saturée doit être bien bleue (pas laiteuse) et présenter quelques cristaux non dissous). L'importance et la durée de l'aspersion en eau du support pour assurer la continuité électrique est fonction de la porosité ouverte du béton et du taux d'humidité de ses pores. Une importante variation des valeurs en temps réel et sur un même point peut traduire un problème de discontinuité électrique du circuit : vérifier les branchements. Il est conseillé de faire des observations visuelles en forant jusqu'à l'acier dans des zones ponctuelles pour valider les mesures. Il convient de reboucher ces petits sondages. Dans le cas d'une combinaison avec d'autres méthodes d'auscultation à caractère électrique ou électromagnétique, il convient d'appliquer la présente méthode en dernier pour ne pas « polluer » la solution interstitielle du béton de parement.
LIMITES D'UTILISATION	Les mesures ne sont pas réalisables dans les cas suivants : – aciers séparés de la surface du béton par un écran isolant ou métallique (par exemple armatures protégées par un produit passivant riche en zinc) ; – revêtement sur le béton électriquement isolant ; – béton trop sec ; – discontinuité électrique des armatures. La méthode n'est donc pas applicable pour évaluer l'état de corrosion des armatures de précontrainte par post-tension intérieure au béton.
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	La vérification de l'état de l'électrode Cu/CuSO4 utilisée sur le terrain se fait avant chaque chantier par comparaison avec une électrode standard Cu/CuSO4 conservée au laboratoire. L'écart entre les 2 électrodes ne doit pas être supérieur à 10 mV.
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Agent d'investigation pour faire la mesure et un spécialiste en électrochimie connaissant bien le contexte des mesures faites sur l'ouvrage pour interpréter les résultats.
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	Accès à une face suffisant
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Non
RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	Quelques mètres linéaires par heure en utilisant une électrode ponctuelle. Quelques centaines de mètres linéaires par heure en utilisant une électrode à roue.
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	Immédiat : lecture sur écran LCD et enregistrement direct sur le matériel, ou lecture directe sans enregistrement sur l'appareil.
PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Aucune
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Aucune
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Pas de problème de sécurité
ENCOMBREMENT – POIDS	Matériel portable et léger (poids < 1 kg)
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Rapidité d'exécution et de lecture des mesures (en temps réel). Interprétation graphique (carte d'équipotentiels) des résultats après traitement informatique.

INCONVÉNIENTS	Connexion à l'armature parfois difficile. L'interprétation des résultats peut s'avérer difficile car les mesures sont très dépendantes de l'humidité du béton, de la teneur en oxygène du béton et de la contamination du béton (carbonatation ou ions chlorure). C'est pourquoi il est conseillé de confirmer les mesures par des examens ponctuels et directs de l'état de conservation des aciers. Pour les ouvrages en milieu maritime, l'interprétation des résultats selon les seuils de la norme ASTM C876-09 ou suivant les recommandations de la RILEM peut s'avérer non pertinente étant donnée la différence de teneur en oxygène existant entre zone immergée, zone de marnage et zone atmosphérique. L'exploitation en relatif des valeurs reste néanmoins possible.
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Courante
COÛT	Moyen
RÉFÉRENCES	
NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES	RILEM TC 154-EMC – Electrochemical techniques for measuring metallic corrosion. Recommendations, "Half-cell potential measurements – Potential mapping on reinforced concrete structures," Materials and Structures. 36 August - September (2003). ASTM C876 - 09 Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete (2009). CANIN – mode d'emploi. COST 509 - Corrosion and protection of metals in contact with concrete. Final Report of the European Concerted Action COST 509, 1997. COST 521 - Corrosion of Steel in Reinforced Concrete Structures - Final Report. - R. Cigna, C. Andrade, U. Nürnbergrt et al, 238 p. - ISBN/ISSN: 92-894-4827-X Bourreau Lucas, Diagnostic de corrosion sur ouvrage : fiabilité et aide à la décision. Thèse de doctorat de l'université de Nantes, 2017.