

Titre : Tomographie de résistivité électrique pour l'identification spatiale des ions chlorure dans le béton armé en environnement marin.

Mot clés : TRE ; CND ; Béton armé ; Inversion ; Chlorures ; Wenner ; Sections 2D ;

Résumé : La durabilité des ouvrages en béton armé en milieu marin est compromise par la pénétration des ions chlorure, responsables de la corrosion des armatures et de dégradations structurales. Les méthodes usuelles de caractérisation reposent sur des carottages et l'analyse de profils 1D de chlorures. Cette thèse propose de développer et d'évaluer des outils permettant d'estimer la répartition spatiale des chlorures dans les structures côtières à partir de techniques de contrôle non destructif (CND) basées sur des mesures de résistivité électrique. La démarche repose sur l'obtention de sections 2D de résistivité par tomographie de résistivité électrique (TRE), puis sur leur conversion en sections de teneurs en chlorures. Un premier apport consiste en un outil de prétraitement basé sur des réseaux de neurones, capable de corriger en temps réel les effets géométriques et des armatures. Le problème inverse associé à la tomographie a ensuite été étudié, en comparant

deux algorithmes d'inversion sur des données synthétiques bruitées. Un protocole expérimental original, utilisant des milieux modèles à base d'eau et de gélifiant alimentaire, a été développé afin d'évaluer la robustesse des algorithmes et d'estimer les erreurs d'inversion dans des conditions réelles. Le passage des sections de résistivité à la teneur en chlorures est effectué sur la base d'une calibration expérimentale, reliant la résistivité, le taux de saturation et la teneur en chlorures. La méthode a été appliquée à une dalle instrumentée soumise à des cycles de marnage accéléré pendant 25 mois. Les résultats ont été validés par comparaison avec des analyses chimiques destructives. Enfin, l'application à des données issues de capteurs intégrés dans des ouvrages réels aux ports de Saint-Nazaire et de La Turballe a confirmé l'efficacité des dispositifs *in situ* et des méthodes de traitement proposées.

Title: Electrical resistivity tomography for the spatial identification of chloride ions in reinforced concrete in marine environment

Keywords: ERT ; NDT ; Reinforced Concrete; Inversion; Chlorides; Wenner; 2D sections;

Abstract: The durability of reinforced concrete structures in marine environments is compromised by the penetration of chloride ions, which are responsible for reinforcement corrosion and structural damage. Conventional characterization methods rely on coring and the analysis of 1D chloride profiles. This thesis aims to develop and evaluate tools to estimate the spatial distribution of chlorides in coastal structures using non-destructive testing (NDT) techniques based on electrical resistivity measurements. The approach is based on acquiring 2D resistivity sections through electrical resistivity tomography (ERT), followed by their conversion into chloride-content sections. The first contribution is a preprocessing tool based on neural networks, designed to correct in real time the geometric effects and the influence of reinforcement on the measurements. The inverse problem asso-

ciated with tomography was then investigated by comparing two inversion algorithms on noisy synthetic data. An original experimental protocol, using model media composed of water and gelatin, was developed to assess the robustness of the algorithms and to estimate inversion errors under realistic conditions. The conversion from resistivity sections to chloride content is performed through experimental calibration, linking resistivity, degree of saturation, and chloride content. The method was applied to an instrumented slab subjected to accelerated tidal cycles over 25 months. The results were validated by comparison with destructive chemical analyses. Finally, the application to data from embedded sensors in real structures at the ports of Saint-Nazaire and La Turballe confirmed the effectiveness of the *in situ* devices and the proposed processing methods.