

Capteurs autonomes RF interrogeables par drones marins pour le suivi des infrastructures

Contexte

L'Internet des objets, ou IoT (Internet of Things), est un scénario dans lequel les objets et les personnes possèdent des informations qui peuvent être transférées sur un réseau sans intervention humaine. Dans ce cadre, la conception de capteurs autonomes sans fil interrogés à distance par des lecteurs est essentielle. Les champs d'applications sont extrêmement larges : aéronautique, automobile, énergie, médical, environnement, Depuis quelques années, au LabSTICC, nous avons entrepris le développement de tels capteurs afin de mesurer l'état de corrosion ou encore la dégradation des matériaux. L'objectif est de contrôler l'état de vieillissement d'une infrastructure en y intégrant des capteurs sans batterie. Ces derniers sont inspirés de la technologie RFID, et repose sur l'interaction entre l'onde électromagnétique se propageant dans le capteur et le matériau sous surveillance. Ne possédant ni batterie ni composant électronique, leur utilisation en environnement sévère sur des temps très longs (plusieurs décennies) est possible. En outre, leur coût très bas permet un déploiement à grande échelle sur les infrastructures sous surveillance.

L'application de ces capteurs au contrôle du vieillissement des infrastructures en milieu marin est techniquement faisable, que ce soit au niveau de la zone de marnage ou en milieu sous-marin. Cependant, du fait d'une distance de lecture réduite par rapport aux capteurs actifs, les opérations d'interrogations peuvent se révéler délicates et longues à mettre en place. Ce verrou technologique peut être levé aujourd'hui avec l'émergence des drones marins. L'objectif de la thèse sera de développer des capteurs/lecteurs pouvant être associés à des drones marins pour la surveillance d'infrastructures dans des cas bien spécifiques. Parmi les nombreuses applications potentielles, le contrôle de l'état des ouvrages portuaires en bétons en milieu marin soumis à l'agression chimique des chlorures et la surveillance des structures métalliques sous peintures utilisées dans le cadre des EMR (Energies Marines Renouvelables) seront traitées.

Objectifs identifiés

Les objectifs concerneront i) la conception du capteur devant être intégré dans la structure en béton sous surveillance et permettant le suivi de la dégradation de l'acier, et ii) l'interrogation par le drone des capteurs localisés au niveau de la zone de marnage, à savoir des régions faiblement immergées ou dans l'air. Le capteur sans batterie sera réalisé via l'utilisation de résonateurs hyperfréquences sensibles. Pour cela, nous nous baserons sur l'expérience acquise durant les thèses de R. Khalifeh et M. Yasri portant sur la conception de capteurs totalement autonomes [1-5]. Le système se compose d'un lecteur d'interrogation et du capteur constitué d'un résonateur radiofréquence sensible couplé à une ou deux antennes. Le premier objectif de la thèse sera de proposer des résonateurs permettant le suivi de la dépassivation de l'acier dans le béton. Cette dépassivation s'explique par la pénétration d'ions chlorures ou de dioxyde carbone dans le matériau et est accompagnée d'un changement de pH du milieu. Plusieurs solutions peuvent donc permettre le contrôle du processus. La première consiste à intégrer de l'acier dans les résonateurs RF pour la réalisation de capteurs mimétiques. Dans ce cas, la problématique consiste à obtenir une variation

fréquentielle du résonateur associé au changement d'état de l'acier. Par rapport aux résonateurs en zinc et aluminium ayant été produits dans le passé, la caractérisation diélectrique et magnétique des oxydes et hydroxycarbonates de fer, les produits de corrosion, sera cruciale car elle impactera la sensibilité du capteur. La seconde solution repose sur la détection des ions chlorures et du pH du fait d'une variation des propriétés diélectriques du milieu. Cette caractérisation sera réalisée sur une large gamme fréquentielle et permettra de déterminer la fréquence de travail optimale. En particulier, les processus de relaxation associés à la présence de la double couche électrochimique dans ces matériaux poreux ou encore à la relaxation dipolaire seront considérés. Une dernière solution mettant en jeu des matériaux fonctionnels sensibles aux paramètres choisis (pH, Cl-) pourra également être étudiée. Parallèlement à ces travaux sur la partie sensible du capteur, son intégration dans le béton et la présence de l'eau de mer dans l'environnement proche seront pris en compte par l'étudiant lors de la conception des antennes du lecteur associé au drone et du capteur. Pour cela, des simulations électromagnétiques des résonateurs et des antennes seront réalisées.

Références :

1. Monitoring uniform and localised corrosion by a radiofrequency sensing method, M. Yasri, B. Lescop, E. Diler, F. Gallée, D. Thierry and S. Rioual, *Sens. Actuators B : Chem.*, 257 988-992 (2018)
2. A Microwave sensor for zinc corrosion detection, J. Rammal, F. Salameh, O. Tantot, N. Delhote, S. Verdeyme, S. Rioual, F. Gallée, B. Lescop, *J. Appl. Phys.* 122, 114501 (2017).
3. Development of wireless and passive corrosion sensors for material degradation monitoring in coastal zones and immersed environment
Rania Khalifeh, Maria Yasri, Benoit Lescop, François Gallée, Erwan Diler, Dominique Thierry, Stéphane Rioual, *IEEE J. Ocean. Eng.* 99, 776-782 (2016)
4. Development of a Radio Frequency resonator for monitoring water diffusion in organic coatings, R. Khalifeh, B. Lescop, F. Gallée, and S. Rioual, *Sens. Actuators A: Phys.* 247, 30-36 (2016)
5. Fundamental basis of electromagnetic wave propagation in a zinc microstrip lines during its corrosion, M. Yasri, B. Lescop, E. Diler, F. Gallée, D. Thierry and S. Rioual, *Sens. Actuators B : Chem.*, 223, 352-358 (2016)