



Capteurs de gaz intelligents pour applications industrielles

Résumé : *Dans le cadre de cette collaboration entre IMS-Bordeaux et RDBX, nous proposons un sujet de thèse civile intitulé « capteurs de gaz passifs, autonomes et intelligents » pour répondre à un besoin de surveillance fiable et durable de la température, de la contrainte et de la concentration du gaz d'hydrogène dans un environnement radioactif. Pour cela, nous souhaiterions concevoir un réseau de capteurs multiphysiques chimiques à base de matériaux carbonés pour la détection de la température, de la pression et du gaz H₂. L'originalité de ce projet de recherche réside dans la proposition d'une nouvelle génération de capteurs basée sur des matériaux innovants résistants et donc moins sujets au vieillissement dans des conditions hostiles telles que l'environnement radioactif.*

Le domaine d'application est en ce sens original car il doit permettre une évolution de la mesure par le fait d'une signature particulière en interpolant des informations de caractère chimique ou physique. Nous exerçons dans le domaine de la production électronucléaire. Les applications sont nombreuses à la fois pour la surveillance des composants du circuit primaire (pas accessible en marche) et sur les colisages des déchets Forte Activité/ moyenne Activité (FA-MA) et métrologie pour les circuits primaires.

Au niveau mondial, on peut constater qu'il existe une très forte activité de recherche dans le domaine des capteurs chimiques et plus particulièrement de gaz. Les recherches actuelles s'orientent globalement sur 4 axes :

- i) la recherche de nouveaux matériaux composites nanostructurés (nanoparticules, nano bâtonnets, nano fils, nanotubes de carbone, graphène...)
- ii) le développement de nanodispositifs fonctionnalisés
- iii) la miniaturisation de détecteurs optiques, chromatographes, spectromètres
- iv) le développement de techniques d'analyses à partir de matrices de capteurs différents pour aboutir à ce que l'on appelle communément un nez électronique plus ou moins intégré.

Ainsi l'explosion du marché des télécommunications a permis de voir apparaître de nouveaux capteurs autonomes sans fil qui s'appuient sur la disponibilité d'éléments sensibles petits et performants d'une part et d'autre part, de nouveaux circuits électroniques de communication à faible coût [1-2]. Ces composants pourraient répondre à la demande croissante de déploiement de réseaux de capteurs communicants pour des applications distribuées de surveillance et/ou d'analyse.

Relier la détection de gaz, la mesure de pression et celle de température grâce à un capteur dépourvu d'énergie (passif), et communiquant sans fil grâce aux hyperfréquences, à des portées supérieures à la dizaine de mètres est un enjeu important pour le développement de réseaux de mesure multi-paramètres. C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet de recherche proposé en collaboration étroite entre IMS et RDBX.

Les travaux de recherche précédents des chercheurs de l'équipe MDA du laboratoire IMS ont déjà démontré la faisabilité de principes originaux pour la mesure de quantités physiques en transduction électromagnétique et acoustique, deux principes complémentaires qui, associés, permettront d'enrichir la signature des réponses [1-5].

L'objectif de ce projet sur une durée de 3 ans sera donc de concevoir, en totale rupture par rapport à l'existant, un capteur multi-physique de gaz, de contrainte et de température, totalement passif à base de transducteurs acoustiques et électromagnétiques. En effet, grâce aux modifications des propriétés mécaniques et électriques des matériaux carbonés qui seront utilisés comme couche sensible dans la conception des capteurs, nous pourrons détecter des variations du milieu environnant (gaz, température, pression) par une modification de la réponse fréquentielle (décalage en fréquence de résonance ou de la phase) du transducteur.

Pour ce projet, quatre volets principaux peuvent être dégagés :

1) Étude et caractérisation du comportement des matériaux choisis pour l'élaboration des transducteurs dédiés à un environnement radioactif. En effet, le choix de la technique d'élaboration des matériaux de base ou leurs comportements dans cet environnement hostile ont une influence majeure sur les caractéristiques mécaniques et



électriques en fréquence mais aussi sur leurs propriétés de détection selon la grandeur cible. La complémentarité des partenaires chimistes et céramistes nous permettra de contrôler ces paramètres physico-chimiques associés à un bon contrôle de l'état de surface et de la géométrie de ces matériaux dédiés à la détection du gaz H₂, de la température et de la pression.

2) Modélisation, conception et réalisations des prototypes transducteurs.

3) Création du procédé d'encapsulation céramique du capteur par impression 3D multi-matériaux avec des partenaires du métier.

4) Élaboration du réseau de capteurs multiphysiques à base de matériaux carbonés tels que le graphène ou les nanotubes de carbone, voire d'autres types de matériaux selon l'avancement du projet.

1. H. Hallil, F. Chebila, P. Ménini and H. Aubert "Feasibility of passive gas sensor based on Whispering Gallery Modes and its Radar interrogation: theoretical and experimental investigations" *Sensors & Transducers* (2010) Vol.116, N°5, pp.38-48.
2. H. Hallil, Conception et réalisation dun nouveau capteur de gaz passif communicant à transduction RF, université de Toulouse & LAAS-CNRS, Thèse 2010,
3. H Aubert, F Chebila, M Jatlaoui, T Thai, H Hallil, A Traille, S Bouaziz, Ayoub Rifaï, Patrick Pons, Philippe Menini, Manos Tentzeris "Wireless sensing and identification based on radar cross section variability measurement of passive electromagnetic sensors", *annals of telecommunications Journal*, (2013), 1-11
4. I Nikolaou, H Hallil, C Dejous, D Rebière, G Deligeorgis, V Conedera, "Inkjet-Printed graphene layer by layer on SAW devices for gas detection applications", *IEEE Sensors 2015*, DOI:10.1109/ICSENS.2015.7370509
5. P. Bahoumina, H. Hallil, J.L. Lachaud, C. Dejous, D. Rebiere, C. Paragua, K. Frigui, S. Bila, D. Baillargeat, S. Pacchini, P. Coquet, E. Pichonat, H. Happy, "Ink-jet printed flexible gas sensors based on electromagnetic transduction and carbon materials", *IEEE Sensors 2015*.

INFORMATION PRINCIPALES

Nous sommes à la recherche d'un candidat **curieux, motivé, ouvert à l'idée de se confronter** à des **domaines scientifiques variés** (du matériau au système) sur des thématiques de développement de système (Matériaux, Chimie & Électronique). Le sujet de thèse consiste à développer concrètement un prototype, le candidat devra être en mesure de **préciser ses aptitudes à concevoir un système** (sur le papier et au laboratoire). Une expérience de type stage de fin d'étude sur une thématique liée à la **détection** serait appréciée et/ou une expérience en **simulation numérique**.

Les candidats feront acte de candidature en envoyant un message électronique mentionnant en objet « Candidature thèse cifre : Capteurs de gaz intelligents pour applications industrielles » et comportant une lettre de motivation, un CV, 2 personnes susceptibles d'être contactées pour avis, et toutes informations jugées utiles pour valoriser la candidature (relevés de notes, recommandations, ...).

Date de recrutement : Janvier 2018

Salaire (thèse cifre) : 2500 € brut/mois

CONTACTS

Hamida HALLIL (Ass. Professor, université de Bordeaux)

E-mail : hamida.hallil@ims-bordeaux.fr

<https://www.ims-bordeaux.fr/en/recherche/research/101-ondes/mda/91-mda>

Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système [IMS](#), team [MDA](#) Université Bordeaux 1 – Bât.A31, 351 cours de la Libération, 33405 TALENCE Cedex, France.

Geoffrey GREGIS (RDBX)

E-mail : g.gregis.rdbx@gmail.com

6 avenue Neil Armstrong, 33700 Merignac.