

PROJET DE THESE pour l'ANNEE 2018-2019

IMPORTANT : Les étudiants titulaires de Master ou équivalent doivent envoyer leur dossier complet au porteur du projet de thèse et au laboratoire indiqué, et pas à l'Ecole Doctorale
Date limite de dépôt par le laboratoire du dossier du candidat sélectionné, à l'Ecole Doctorale : le, vendredi 22 juin 2018, 13h heure de Guyane.

Discipline et Mention du Doctorat	Sciences de l'ingénieur - (section 63 du CNU) Electronique, Optronique et Système
Domaine scientifique principal	Capteurs - Microsystèmes - Electronique
Domaines scientifiques secondaires	Environnement – Chimie- Biotechnologie
Unités de rattachement - Unités adossés à l'ED : UMR EcoFoG, UMR Espace-Dev, UMR QualiSud, UMSR LEEISA, EA EPaT, EA MINEA, IPG)	UMR Espace Dev
Autre Unité de rattachement de l'Université de Guyane (UG) ou convention en cours.	IMS CNRS UMR 5218 Bordeaux (convention délégation UG/UB O. Tamarin)
Projet Structurant autour des thèmes de l'ED 587	Projet Bloom Alert, Projet CARTEL.
Direction de la thèse	TAMARIN Ollivier, MdC, non HDR 0783620757 – ollivier.tamarin@univ-guyane.fr REBIERE Dominique, Professeur 0663346105 - dominique.rebiere@u-bordeaux.fr
Collaborations extérieures éventuelles envisagées (convention de codirection, - de cotutelle ; entreprise...)	* Laboratoire IMS convention de co-direction * LCMCP * LGEI * GREMAN
Connaissances et compétences requises chez l'étudiant	Microélectronique, systèmes, instrumentation, mesures, avec des notions de biologie et de chimie
Titre de la thèse	<i>Conception et élaboration d'un microdétecteur de biomolécules en milieu liquide couplant transducteur à ondes de Love et matrice poreuse fonctionnalisée.</i>
Résumé 1 (5-8 lignes, police Arial 10) : Présentation explicite du projet de thèse – Aspects scientifiques <i>Finalité, méthodologie et problématique, intérêt scientifique, caractère innovant</i>	Cette thèse concerne la problématique du suivi en temps réel de la qualité de l'eau en Amazonie, en proposant un dispositif innovant associant les transducteurs à ondes acoustiques aux matériaux poreux. Cette association inédite permettra d'améliorer la sensibilité et le seuil de détection du capteur. Une démarche partenariale et interdisciplinaire sera mise en œuvre pour la réalisation des travaux.
Résumé 2 (5-8 lignes, police Arial 10) : Présentation des enjeux de la thèse <i>Adéquation avec la politique scientifique de l'Etablissement - Intérêt de cette thèse dans le cadre du développement régional</i>	Les travaux préliminaires améliorent la robustesse et la sensibilité du capteur. Ce projet s'inscrit dans la politique de l'ED de l'UG et de la SRI-SI, dans la thématique de la technologie au service de l'environnement. La démarche partenariale affirmera l'UG dans un réseau de recherche en technologie national et international. Des collaborations sont en cours avec les Universités brésiliennes de São Paulo, du Maranhão, de Campina Grande, et du Para

IMS : (Intégration du Matériau au système) UMR 5218 - Université de Bordeaux / Bordeaux INP / CNRS

LCMCP : (Laboratoire de la Chimie de la Matière Condensée de Paris) UMR 7574 - Université Paris 6 CNRS / Collège de France

LGEI : (Laboratoire d'Environnement Industriel et Risques Industriels et Naturels) - Ecole des Mines d'Alès

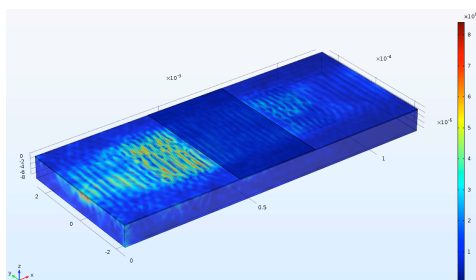
GREMAN : Université de Tours - INSA de Tours – CNRS - CEA

Explicitation du Projet de thèse

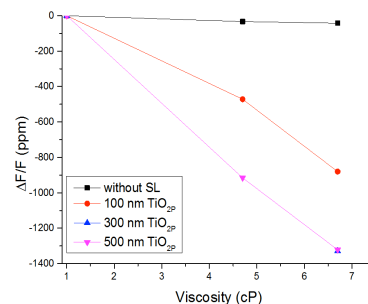
1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse : La pollution environnementale et des cours d'eau justifie un besoin urgent de développement d'outils efficaces de détection et d'alerte, avec une demande en croissance continue de nouvelles techniques analytiques intégrées et communicantes à forte sensibilité et sélectivité pour de nombreux domaines. Le verrou technologique se situe au niveau des capteurs chimiques et nécessite des investigations sur leurs paramètres structurels, chimiques et morphologiques. Dans le cadre de cette thèse, nous proposons de répondre à la problématique du suivi en temps réel de la qualité de l'eau en Amazonie, avec des contraintes en termes économiques, de facilité d'utilisation, de fiabilité, et de miniaturisation. Pour cela, nous proposons une plateforme totalement intégrable et communicante à base de transduction acoustique. Son originalité réside dans une innovation qui consiste à associer un microdispositif à ondes acoustiques à des matériaux poreux innovants fonctionnalisables pour leur conférer une sensibilité et un caractère sélectif cruciaux en milieu liquide. Une première application de détection ciblant une cyanotoxine, la Microcystine LR (MC-LR) avec des matrices poreuses de TiO_2 (TiO_{2P}) est envisagée. Les partenaires du projet ont une grande expérience dans les domaines complémentaires qui seront combinés ici de manière synergique et très interdisciplinaire, conférant au projet son caractère innovant et un fort potentiel tant d'un point de vue scientifique qu'applicatif. Ce type de composant intégré et bas coût, présentera de plus des avantages en termes de temps de réponse et de recouvrement, avec une flexibilité inhérente à l'architecture matricielle. Les transducteurs acoustiques à ondes de Love sont constitués d'un substrat de quartz sur lequel sont déposées des électrodes interdigitées (IDT), une couche « guidante » en SiO_2 amorphe de quelques microns d'épaisseur et une couche sensible et spécifique à l'espèce à détecter (cf. Fig. 1a). Ces transducteurs ont déjà démontré leur capacité à détecter en temps réel diverses espèces en milieu liquide [1] [2], et depuis quatre ans a été entamée une étude de modélisation et de simulation analytique et multiphysique par éléments finis afin de considérer les matériaux nanostructurés innovants, notamment poreux [3], [4].

L'approche consistant à utiliser un film poreux fonctionnalisable offrira une augmentation significative de la surface sensible effective, la porosité permettant de passer d'une « surface fonctionnalisée » bi-à tri-dimensionnelle, améliorant ainsi la sensibilité et le seuil de détection du capteur comme cela a été démontré en milieu gazeux avec des matériaux de type mésoporeux ou encore de type graphène [4] [5]. Des tests en milieu liquide ont été réalisés pour la détection de métaux lourds, et ont montré une compatibilité pour des tests biologiques [1]. Ensuite, le cas d'une fonctionnalisation de chitosane poreux par des anticorps polyclonaux pour la détection de MC-LR a été démontré avec une limite de détection de $0,5 \mu\text{g/l}$ [6]. Enfin, nous avons réalisé des travaux préliminaires sur l'association « onde Love – TiO_2 poreux (TiO_{2P}) » en milieu liquide [7]. Les premiers résultats obtenus en simulation (cf. Fig 1a) ont montré que la propagation de l'onde acoustique en milieu liquide est compatible avec notre architecture. Ensuite, un prototype expérimental a été réalisé, et les premières mesures en viscosités ont montré un gain en sensibilité 30 fois supérieur à un dispositif classique sans TiO_{2P} (cf. Fig 1b).

Cependant, le prototype conçu ne possède pas une couche de TiO_{2P} avec un diamètre des pores suffisamment grand pour accueillir la fonctionnalisation par des anticorps.



a) Simulation de la propagation de l'onde acoustique



b) Sensibilité à la viscosité

Figure 1 : Réponse du capteur à onde de Love avec une couche sensible de TiO_{2P}

Les principales missions du doctorant consisteront à démontrer la capacité du TiO_{2P} en tant que couche simultanément sensible et/ou guidante, avec des tailles de pores compatibles à la fonctionnalisation par anticorps, à améliorer la sensibilité du dispositif à ondes de Love par des caractérisations fonctionnelles en milieu liquide. Cette étape est dépendante de l'adaptation d'un

procédé de dépôt du film mince en surface. La modélisation accompagnera cette étude, permettant ainsi de mieux décrire, comprendre et prévoir la performance du capteur et son interaction avec le milieu d'étude poreux et liquide. Une étape importante sera la fonctionnalisation par les biorécepteurs de reconnaissance, des tests préliminaires seront réalisés pour démontrer la faisabilité de la fonctionnalisation en volume. Enfin, en fonction des résultats, la réalisation du biocapteur montrera les performances de l'association innovante « Ondes de Love – TiO_{2P} fonctionnalisés » pour une application visant la détection de MC-LR.

2°) Présentation des objectifs et enjeux de la thèse : Sur le plan scientifique, les résultats préliminaires obtenus en milieu liquide avec des films de TiO_{2P} non optimisés pour la fonctionnalisation en volume par anticorps laissent entrevoir de grandes perspectives sur l'augmentation de la sensibilité du capteur et de sa robustesse. Nous avons en effet pu observer une augmentation de la sensibilité 30 fois plus élevée pour des dispositifs avec une couche sensible à base de TiO_{2P} . De plus, la modélisation par éléments finis, sur ce type de dispositif, en est à ses débuts aujourd'hui et quelques équipes commencent à peine à se tourner vers ce moyen efficace pour considérer les nouveaux matériaux fonctionnels avancés dont la structure nanostructurée n'est pas aisément descriptible par des outils analytiques ou numériques plus classiques. Ces résultats préliminaires ont été présentés lors de la dernière conférence internationale sur les capteurs de la société IEEE [7].

Le projet présenté s'inscrit dans la politique de l'école doctorale de l'Université de Guyane mais aussi dans la Stratégie Régionale d'Innovation pour la Spécialisation Intelligente (SRI-SI) dans les thématiques affichées que sont : (i) les technologies en environnement amazonien et technologies bio-inspirées ; (ii) La dynamique de la biodiversité en Amazonie : du gène aux écosystèmes, notamment la biodiversité des écosystèmes forestiers agronomiques, marins, littoraux et fluviaux.

En effet, la problématique de l'impact de l'activité entropique de l'homme sur son milieu est un sujet d'étude nécessitant l'utilisation d'outils de mesures et de diagnostics de plus en plus performants. Afin d'atteindre une large couverture spatiale, l'utilisation des images satellitaires a déjà démontré ses grandes capacités. Cependant, certaines limites propres à la télédétection nécessitent la mise en œuvre de dispositifs capables de détecter les paramètres *in situ* [8]. Ce constat est d'autant plus criant lorsqu'il s'agit du cas de polluants en très faible concentration dans des cours d'eau.

Nous pouvons aisément envisager qu'à terme, des campagnes sur le terrain permettront de collecter des données sur divers polluants pouvant être spatialisées. En effet, la spécificité de la couche sensible à l'espèce cible permet de concevoir un capteur sélectif. Le principe physique du capteur à ondes acoustique associé à une matrice poreuse restant inchangé, cette étude pourra être généralisée à plusieurs espèces cibles à la condition de pouvoir identifier un composé de reconnaissance (de type « anticorps ») qui pourra être greffé.

De plus, le projet présenté s'inscrit dans l'ambition d'impliquer l'université de Guyane dans des réseaux de recherche en technologie nationaux, régionaux, et internationaux. Dans ce cadre, plusieurs laboratoires de recherche sont partenaires de ces travaux. L'IMS de Bordeaux possède une expérience et un savoir-faire de longue date sur la biodétection par dispositifs à ondes de Love et accueille en délégation Olivier Tamarin de l'UG/UMR Espace Dev. Cette délégation, d'une durée de trois ans, a pour objectif de mettre en œuvre un partenariat à long terme dans le domaine de la recherche sur les capteurs environnementaux en complément de l'imagerie satellitaire.

Une collaboration avec le LCMCP, le LGEI, et le GREMAN pour la fabrication, le dépôt, et la fonctionnalisation des films de TiO_2P sur la surface effective active du transducteur permettra aussi de nouer un partenariat technologique national. La problématique sur les capteurs fait aujourd'hui l'objet de réflexions et de premiers travaux en communs avec notamment trois universités du Brésil (Université de São Paulo, Université d'état du Maranhão, Université Fédérale de Campina Grande). Des échanges d'étudiants, des missions de mobilité entre enseignants chercheurs ont démarrées depuis le mois de décembre 2016, et le souhait que nous partageons tous, est que ces échanges se développent davantage, notamment par le démarrage de cette thèse.

Références bibliographiques :

- [1] I. Gammoudi, L. Blanc, F. Moroté, C. Grauby-Heywang, C. Boissière, R. Kalfat, D. Rebière, T. Cohen-Bouhacina, and C. Dejous, "High sensitive mesoporous TiO_2 -coated love wave device for heavy metal detection," *Biosens. Bioelectron.*, vol. 57, pp. 162–170, 2014.
- [2] V. Raimbault, D. Rebière, C. Dejous, M. Guirardel, and V. Conedera, "Acoustic Love wave platform with PDMS microfluidic chip," *Sensors Actuators A Phys.*, vol. 142, no. 1, pp. 160–165, 2008.
- [3] N. Lebal, H. Hallil, C. Dejous, B. Plano, A. Krstulja, R. Delepée, D. Rebière, and L. A. Agrofoglio, "Association of a Love wave sensor to thin film molecularly imprinted polymers for nucleosides analogs detection," vol. 1, pp. 2–5.
- [4] I. Nikolaou, H. Hallil, O. Tamarin, C. Dejous, and D. Rebière, "A three-dimensional model for a graphene guided SH- SAW sensor using Finite Element Method," pp. 1–4, 2016.
- [5] L. Blanc, A. Tetelin, C. Boissière, G. Tortissier, J. Lachaud, C. Dejous, and D. Rebière, "Mesostructured TiO_2 and SiO_2 as High Specific Surface Area Coatings for Love Wave Gas Sensors," vol. 9, no. xx, pp. 1–4, 2011.

- [6] H. Demey, S. A. Tria, R. Soleri, A. Guiseppi-elie, and I. Bazin, "Sorption of his-tagged Protein G and Protein G onto chitosan / divalent metal ion sorbent used for detection of microcystin-LR," 2015.
- [7] O. Tamarin, W. Ouelhazi, J. L. Lachaud, H. Hallil1, V. Raimbault, C. Boissière, M.P. Bonnet, D. Rebière, C. Dejous, "Mesoporous titania-coated Love wave sensors and FEM model applied to viscosity micro-measurements," in *To be presented in IEEE Sensors 2017 Conference*, 2017.
- [8] E. M. L. de Moraes Novo, C. C. de Farias Barbosa, R. M. de Freitas, Y. E. Shimabukuro, J. M. Melack, and W. P. Filho, "Seasonal changes in chlorophyll distributions in Amazon floodplain lakes derived from MODIS images," *Limnology*, vol. 7, no. 3, pp. 153–161, 2006.

Les étudiants candidats au sujet de thèse proposé doivent fournir aux porteurs du sujet et leur directeur de laboratoire les pièces suivantes :

Pièces à joindre au dossier :

- Copie d'une pièce d'identité
- Copie du diplôme Master (DEA ou équivalent)
- Copies des relevés de notes licence (L3) et master (M1 et M2)
- Une lettre de motivation du candidat
- CV complet
- Justificatif activité professionnelle si salarié(e)

 **LES DOSSIERS INCOMPLETS SERONT REFUSÉS**