

Sujet thèse / PhD subject 2024

| | | |
|--|--|---|
| Titre Thèse | Capteurs quantiques à base de résonateurs magnétoacoustiques / Quantum Sensing using magnetoacoustic resonators | |
| (Co)-Directeur | Yannick Dusch (HDR prévue juin 2024) | E-mail : yannick.dusch@centralelille.fr |
| (Co)-Directeur | | E-mail : |
| (Co)-Encadrant (s) | Abdelkrim Talbi et Nicolas Tiercelin | E-mail : abdelkrim.talbi@centralelille.fr , nicolas.tiercelin@iemn.fr |
| Laboratoire | IEMN | Web : https://www.iemn.fr |
| Groupe(s) | AIMAN-FILMS | Web : |
| Projet phare (principal) | Materials | |
| Demande thèse labellisée IEMN | Oui / Non | |
| Financement demandé | Contrat Doctoral Etablissement | ULille <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input checked="" type="checkbox"/> JUNIA <input type="checkbox"/> |
| | Région – Autre <input checked="" type="checkbox"/> Préciser : Région | Co financement (Préciser l'origine, demande en cours, acquis ou pas) : |
| Financement acquis <input type="checkbox"/> Financement partiellement acquis <input type="checkbox"/> | Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser : | Autre <input type="checkbox"/> Préciser : |

Résumé du sujet :

Au cours de la dernière décennie, les défauts dans le diamant, tels que les centres lacune-azote (centres NV, pour *Nitrogen Vacancy*), ont émergé en tant que candidats sérieux pour le développement de capteurs quantiques, grâce à leur robustesse, leurs temps de cohérence longs, et plus particulièrement grâce à leur forte sensibilité au champ magnétique. Les capteurs à base d'ondes acoustiques de surface (SAW) ont, quant à eux, démontré leur utilité dans une large gamme d'applications en fournissant des solutions compactes, multiphysiques (température, déformations, pression...) et robustes, néanmoins encore éloignées du potentiel des capteurs quantiques en termes de sensibilité et de résolution. La convergence entre les capteurs SAW classiques et les capteurs quantiques réside dans le développement de mécanismes de transduction efficaces et intégrés. Le sujet de thèse propose ainsi d'étudier l'extension des capacités de mesure quantique des centres NV par l'utilisation de résonateurs magnétoacoustiques.

Le premier objectif réside dans l'intégration technologique de résonateurs magnétoacoustiques (SAW et couche magnétoélastique) sur des substrats de diamant contenant des défauts de localisation et densité contrôlés, produits et caractérisés en collaboration avec le LSPM (Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux) et l'IRCP (Institut de Recherche de Chimie Paris). Les dispositifs obtenus seront ensuite caractérisés à l'aide d'un banc de mesure dédié dont le développement est prévu dans les travaux de thèse, afin de valider le contrôle cohérent de l'état quantique de centres NV uniques. Le contrôle magnétoacoustique entièrement intégré n'a encore jamais été réalisé et constitue un jalon important dans la substitution de technologies RF inadaptées à la miniaturisation et à la métrologie à l'échelle nanométrique, comme par exemple dans le cas de la nano-spectroscopie RMN, ou dans la magnétométrie NV à balayage (complémentaire au MFM).

Le second objectif réside dans le développement et la caractérisation de capteurs multiphysiques basés sur cette technologie. Des études théoriques, corroborées par des résultats expérimentaux préliminaires, ont montré que des technologies hybrides magnétomécaniques/centres NV peuvent permettre d'atteindre des sensibilités records dans la mesure de forces, de température et de champ électrique à l'échelle nanométrique. Le sujet de thèse vise à dépasser ces propositions par une montée en fréquence et par l'utilisation de systèmes bouclés pour des applications variées en métrologie : mesures de forces lors du repliement de protéines ou de la traction d'ADN, détection de charges uniques aux petites échelles, thermométrie de nanoparticules...

Le sujet se positionne sur la thématique des capteurs quantiques en capitalisant d'une part sur le savoir-faire de l'équipe AIMAN dans la simulation, la conception, la réalisation et la caractérisation de dispositifs magnétoacoustique (double expertise en acoustique et nanostructures magnétoélastiques unique à l'échelle nationale), et d'autre part sur une collaboration forte avec deux laboratoires leaders dans la réalisation de diamant dopé, le LSPM (pour la synthèse, le dopage en volume et l'intégration) et l'IRCP (pour la création et le positionnement de défauts uniques). Le LSPM accueille par ailleurs d'EQUIPEX+ e-DIAMANT, consacré aux technologies à base de centres NV.

Les recherches prévues dans la thèse visent à donner une visibilité au laboratoire sur ces thématiques, en particulier à l'échelle locale, en alimentant les compétences du site vis à vis du Plan Quantique, et nationale, pour pouvoir répondre efficacement aux appels à projets dédiés, par exemple dans le cadre du PEPR Quantique et du PEPR Spin.

Il s'inscrit pour finir pleinement au croisement de plusieurs projets phares de l'IEMN, en particulier « Materials » avec les films minces magnétoélastiques nanostructurés et les matériaux actifs et « Micro and Nanodevices » avec le développement de MEMS/NEMS magnétoacoustiques. Les applications visées à moyen et long terme interceptent également les projets « Nanocharacterization » avec la métrologie aux petites échelles, ainsi que « Technologies for Health » avec l'analyse chimique et biologique. Ce dernier point place de surcroît le projet de thèse dans la thématique « Santé de précision » de la stratégie régionale recherche innovation des Hauts de France.