

THÈSE

Présentée en vue d'obtenir de titre de

**Docteur de l'Université de Lorraine
en Physique**

par

Laurine MEISTERSHEIM

Capteur magnétique à base d'ondes élastiques de surface pour des applications biomédicales

Thèse soutenue publiquement le 29 mai 2026 devant le jury d'examen :

| | | |
|------------------------------|------------------------|--|
| <i>Rapporteurs</i> | Mme Hamida HALLI ABBAS | Maître de conférences (HDR), Université de Bordeaux |
| | M. Nicolas TIERCELIN | Directeur de Recherche, CNRS - IEMN |
| <i>Examineurs</i> | M. Pascal NICOLAY | Professeur, Carinthia University of Applied Sciences, Autriche |
| | M. Thomas HAUET | Maître de conférences (HDR), Université de Lorraine |
| | M. Abdelkrim Talbi | Professeur, Centrale Lille |
| <i>Directeur de thèse</i> | M. Omar ELMAZRIA | Professeur, Université de Lorraine |
| <i>Co-directeur de thèse</i> | Mme Cécile FLOER | Maître de conférences, Université de Lorraine |

Capteur magnétique à base d'ondes élastiques de surface pour des applications biomédicales

Résumé

Face à l'augmentation des maladies cardiovasculaires et des accidents vasculaires cérébraux, le développement de techniques de diagnostic non invasives et adaptées à un suivi continu représente un enjeu majeur. La magnéto-cardiographie (MCG) offre une mesure sans contact des champs magnétiques générés par le cœur, mais requiert des capteurs extrêmement sensibles en raison de l'amplitude très faible de ces signaux. Les capteurs existants sont souvent volumineux ou nécessitent des connexions filaires.

Dans ce contexte, les capteurs à base d'ondes élastiques de surface (MSAW) apparaissent comme une solution prometteuse. Ces capteurs sont compacts, passifs (fonctionnant sans batterie) et peuvent être interrogés à distance (sans fil). L'objectif principal de ce travail est d'optimiser la sensibilité des dispositifs MSAW aux champs magnétiques tout en tenant compte des variations de température, en vue de concevoir un dispositif compensé thermiquement.

Deux structures sont proposées pour atteindre ces objectifs. Elles visent à améliorer la sensibilité au champ magnétique par deux stratégies complémentaires : l'augmentation de l'épaisseur du matériau magnétosensible et l'élévation de la fréquence de fonctionnement. Parallèlement, deux méthodes de compensation de la température sont mises en œuvre : une compensation structurelle, par ajustement des épaisseurs des matériaux constituant le capteur, et une compensation par calcul différentiel, utilisant des chemins de propagation fonctionnalisés par différents matériaux.

Mots clés :

- ondes élastiques de surface
- microfabrication
- capteur
- biomédical
- champ magnétique

Magnetic sensor based on surface acoustic waves for biomedical applications

Abstract

In response to the rising prevalence of cardiovascular diseases and strokes, the development of non-invasive diagnostic techniques suitable for continuous monitoring is a major challenge. Magnetocardiography (MCG) enables contactless measurement of the magnetic fields generated by the heart, but requires highly sensitive sensors due to the extremely low signal amplitude. Existing sensors are often bulky or rely on wired connections.

In this context, surface acoustic wave-based magnetic sensors (MSAW) represent a promising solution. These sensors are compact, passive (battery-free), and can be interrogated remotely (wireless). The main objective of this work is to enhance the magnetic field sensitivity of MSAW devices while accounting for temperature variations, aiming to develop a thermally compensated sensor.

Two designs are proposed to achieve these objectives. They aim to improve magnetic field sensitivity through two complementary strategies: increasing the thickness of the magnetosensitive material and raising the operating frequency. At the same time, two temperature compensation methods are implemented: structural compensation, by adjusting the thicknesses of the materials comprising the sensor, and compensation via differential calculation, using propagation paths functionalized by different materials.

Mots clés :

- surface acoustic waves
- microfabrication
- sensor
- biomedical
- magnetic field