



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **14 novembre 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Mme NGUEDJANG KOUAKEUO Hilary Sorelle**

Titre de la thèse : : « *Caractérisation interne des noyaux magnétiques : une voie pour le dimensionnement et la surveillance de l'état en temps réel* »

Résumé

Sous le terme « contrôle non destructif (CND) » sont regroupés un ensemble de méthodes qui permettent de caractériser l'état d'intégrité de structures ou de matériaux, sans les dégrader, soit au cours de la production, soit en cours d'utilisation, soit dans le cadre de maintenances.

A ce jour, au niveau des industrielles et des laboratoires, les méthodes de mesures CND micro-magnétiques sont utilisées essentiellement en tant que méthodes de contrôles permettant de détecter uniquement des défauts au sein de pièces finies en fin de cycle de production ou en maintenance atelier et site. Parmi ces méthodes, nous avons la méthode de la sonde à aiguille magnétique qui est une technique utilisée pour mesurer localement l'état magnétique d'un composant magnétique. Ce concept est relativement ancien, mais de nouveaux développements et usages dans le domaine industriel n'ont pas été réalisés. Ce capteur n'est clairement pas destiné à rester à demeure sur les éléments à inspecter, voir embarqués sur des systèmes en mouvements. Il y a principalement deux raisons à cela : les limitations de l'instrumentation et un volume inapproprié de la géométrie du capteur. La première limitation a été récemment dépassée en raison de grandes améliorations dans les domaines d'électronique analogique et numérique. Dans cette étude, la deuxième limitation, volume / géométrie, est traitée en imprimant la sonde à aiguille magnétique à l'aide d'une encre conductrice. Le capteur résultant présente une réduction de volume drastique. Une telle amélioration ouvre les portes à la surveillance du comportement magnétique in situ du noyau magnétique de nombreux appareils électromagnétiques tels que les transformateurs électriques, les moteurs électriques AC / DC ou même les tests micro-magnétiques non destructifs en temps réel des composants en acier ferromagnétique. Au cours des dernières décennies, un grand nombre d'approches de simulation, y compris des méthodes de discrétisation spatiale : éléments finis, différences finies et éléments limites, ont été proposées pour décrire le comportement interne des piles de stratification magnétique, mais les résultats expérimentaux validant ces simulations n'ont pas pu être obtenus en raison de les limitations susmentionnées. Maintenant, l'utilisation de la méthode de la sonde à aiguille magnétique imprimée (PMNPM) pour recueillir ces données expérimentales est possible et est effectuée de manière non intrusive. D'où une amélioration de la compréhension des phénomènes d'aimantations.

Dans un circuit magnétique feuilleté chaque tôle est électriquement isolée des tôles voisines à l'aide d'un vernis isolant. Cette couche de vernis est utilisée comme substrat est assure l'isolation entre les capteurs imprimés et les parties actives du circuit magnétique. les pointes magnétiques de 1,5cm de hauteur ont été imprimées directement sur la tôle cible qui permet d'avoir une information sur son état magnétique lorsqu'il sera inséré dans le noyau magnétique des machines électriques. Cette technique de pointes magnétiques imprimées (PMI) ayant une épaisseur de 30µm nous permettra dorénavant d'avoir des signaux magnétiques de 1Hz à 200Hz.

RÉSUMÉ

Pour des fins de mesures simultanée point par point de l'intensité et la densité champ magnétique, une magnétorésistance Géante(GMR) a été utilisée du fait de la possibilité de miniaturisation. Des lors, nous avons élaboré une mini-plaquette 2en1 de 100µm d'épaisseur comportant la GMR et la PMI pour des mesures simultanées en 2D. Les résultats locaux ainsi obtenus et comparés à l'induction moyennée de la bobine encerclant révèlent l'état d'homogénéité dans une pile de tôle avec une erreur relative de 8%. Un soin particulier est par ailleurs nécessaire pour assurer les contacts électriques.

La PMNPM représente donc une nouvelle méthode d'Analyses Non Destructives afin d'évaluer à la fois la présence d'éventuels défauts, les propriétés physiques de la pièce et de faire un suivi de la santé matière dans le temps en laissant des capteurs à demeure. Par ailleurs, elle contribue à un meilleur suivi des matériaux constituant les pièces finies, d'optimiser les coûts et la durée de vie des équipements.