

APPLICATION DE LA METHODE DE MESURE AU CAS DE LA ROUE POLAIRE

III.1. Adaptation de la méthode au cas de la roue polaire

La méthode présentée dans le paragraphe II s'applique à l'étude de plaques. Les suggestions d'adaptation de cette méthode, qui ont été proposées au paragraphe I.3.3.c., vont être détaillées et la population étudiée va être décrite. Après étude des résultats expérimentaux, des conclusions seront tirées sur les possibilités de cette méthode en tant que contrôle qualité et moyen de mesure qualitatif de la perméabilité magnétique locale des roues polaires.

III.1.1. Dispositif expérimental

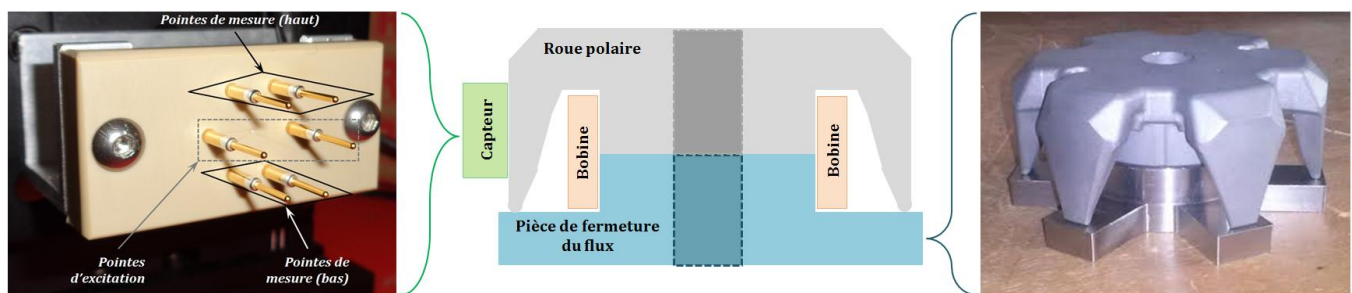


Figure 151 : Photographies et schéma du système de mesure adapté à l'étude des griffes de roue polaire

Un schéma du dispositif expérimental est donné Figure 151. Le C ferromagnétique est remplacé par la pièce de fermeture du flux et par la bobine de polarisation. Le système formé par la pièce de fermeture du flux et par la roue polaire est positionné sur une platine de rotation (Thorlabs).

Les pointes du capteur à pointes ne sont plus alignées car les dimensions des griffes de roues polaires ne le permettent pas. Un jeu de pointes d'excitation est accompagné de deux jeux de pointes de mesures situés au-dessus (capteur haut) et au-dessous (capteur bas) des pointes d'excitation. Il est ainsi possible d'effectuer une mesure sur deux zones de la griffe simultanément. Le capteur de champ, qui est le même que précédemment (Figure 130), est placé entre les pointes d'excitation du capteur. Ce capteur est fixé sur une platine de translation (Thorlabs). Cette platine permet d'avancer et reculer le capteur sur la griffe étudiée.

Comme précédemment, les mesures sont effectuées à 6 fréquences différentes (10, 50, 100, 150, 200 et 300 Hz). Les résultats exploités sont les parties réelle et imaginaire de la différence de potentielle mesurée entre les pointes de mesure.

III.1.2. Population

Pour démontrer les possibilités de la méthode proposée, on s'appuie sur l'étude de trois roues polaires notées **roue usinée A**, **roue forgée A** et **roue forgée B**. Les deux roues A sont de même géométrie mais l'une est forgée alors que l'autre a été usinée dans un lopin de matière première. La roue B est de géométrie différente. La matière première de ces roues est de même nuance et fournisseur mais précisons que la composition exacte n'a pas été mesurée. Des mesures ont été effectuées sur trois griffes de chacune de ces roues. Pour chaque griffe, une mesure a été effectuée sans polarisation (bobine non alimentée) et une avec polarisation (bobine parcourue par un courant de l'ordre de 1,5 A). Notons que pour chaque mesure, on relève deux différences de potentiel car on dispose de deux jeux de pointes de mesure notés capteur bas et capteur haut (Figure 152).

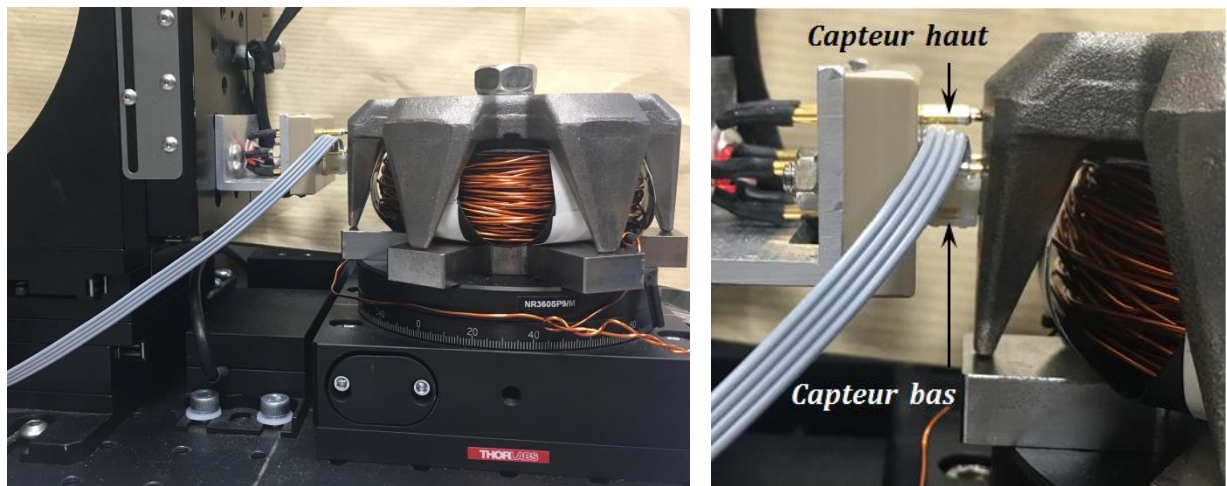


Figure 152 : Photographies du système complet de mesure

III.2. Analyse des résultats expérimentaux

Dans cette analyse, les résultats expérimentaux seront exprimés en termes d'impédance. Il s'agit de juger du potentiel de la méthode et de l'utilisation que l'on peut en faire en tant que moyen de contrôle.

III.2.1. Visualisation de la répétabilité de mesure

Sans que la répétabilité de mesure soit rigoureusement évaluée, on cherche ici à vérifier que la fidélité de mesure est suffisante pour pouvoir envisager la méthode comme un système quantitatif de détermination de la perméabilité incrémentale de la roue polaire. Ainsi, les mesures ont été reproduites trois fois de façon indépendante afin d'avoir une estimation de la répétabilité de mesure. La Figure 153 présente les 3 mesures obtenues pour une des expériences. La différence entre les courbes est

généralement de l'ordre de 1% et systématiquement inférieure à 2% pour le capteur haut (c.f. Figure 151). Ainsi, dans le cas du capteur haut, on jugera que la différence entre deux courbes est significative si le coefficient de variation est supérieur à 3%.

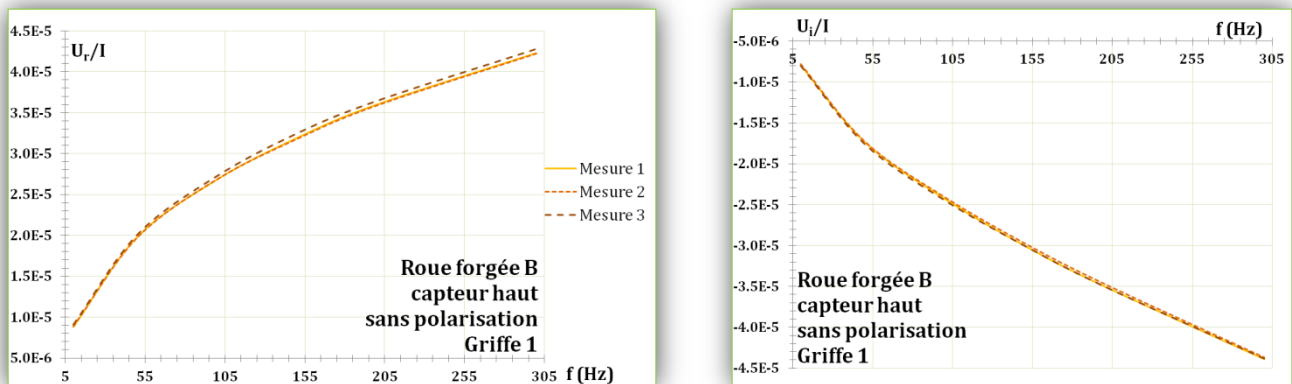


Figure 153 : Résultats expérimentaux : visualisation de la répétabilité de mesure

Par contre la répétabilité du capteur bas est moins bonne que celle du capteur haut. Ainsi, dans l'exemple visible Figure 154, le coefficient de variation des mesures du capteur bas est 3,2 % contre 1% pour les mesures du capteur haut. Dans la suite de l'analyse, nous nous appuierons donc essentiellement sur les mesures obtenues avec le capteur haut.

Cette différence de fidélité entre les deux capteurs est probablement liée à la géométrie de la griffe. En effet, au niveau du capteur bas, la section de griffe "vue" par les pointes de mesure est plus petite qu'au niveau du capteur haut. Or, les simulations effectuées pour la méthode de mesure de la conductivité (c.f. chapitre 3, II.1.3.d), qui correspond au cas particulier à fréquence nulle de la présente méthode, ont montré qu'une erreur de positionnement du capteur sur la griffe engendre d'autant plus d'erreur que la section considérée est faible (en bout de griffe). Le présent capteur étant positionné à l'aide de platines contrôlées manuellement, il est néanmoins possible d'améliorer la fidélité de mesure en utilisant, par exemple, le même type de platines que celles utilisées pour la mesure de conductivité de la roue polaire.

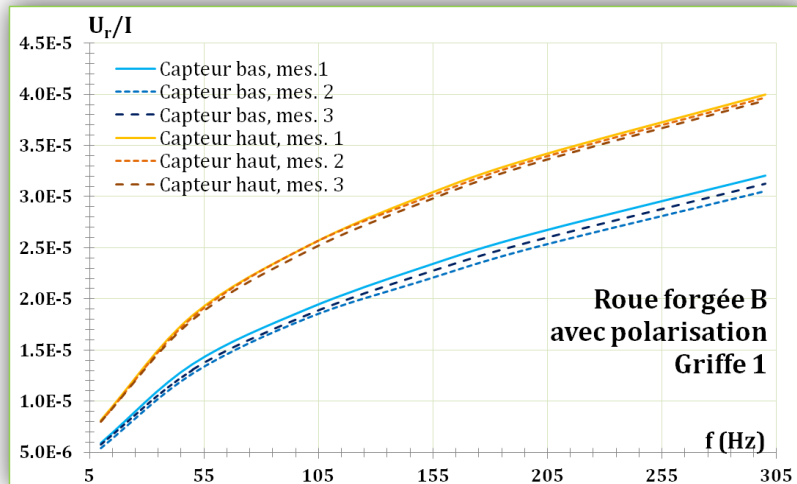


Figure 154 : Résultats expérimentaux : comparaison entre le capteur haut et le capteur bas

III.2.2. Analyse des résultats expérimentaux

III.2.2.A. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC ET SANS POLARISATION

Une des différences importantes entre le dispositif expérimental développé pour une plaque et celui pour une roue polaire est le système de polarisation. Il faut donc s'assurer que le système de polarisation proposé polarise effectivement la roue polaire. On propose donc de comparer deux mesures : une dite "sans polarisation" et une dite "avec polarisation". Les mesures des sondes à effet Hall permettraient de conclure que dans le second cas le champ de polarisation est de l'ordre de 500 A/m. Cependant, le développement de la méthode au cas d'une plaque a montré la nécessité de mettre en place un blindage magnétique au voisinage des sondes à effet Hall. Cette valeur de 500 A/m doit donc, par précaution, être considérée comme le champ de polarisation maximum possible.

Les résultats expérimentaux pour la griffe 1 de la roue B avec et sans polarisation sont donnés Figure 155. On constate une différence significative entre les deux mesures, de 8% en moyenne pour la partie réelle et 3% pour la partie imaginaire. Notons que la partie réelle est plus sensible à une différence de perméabilité (écart de $2.10^{-6} \text{ V.A}^{-1}$) que la partie imaginaire (écart de $7.10^{-7} \text{ V.A}^{-1}$) pourvu que la fréquence soit suffisante. Ceci est cohérent avec le développement analytique (**c.f. paragraphe II.2.1.b**). En effet rappelons que la partie réelle est fonction de la perméabilité élevée au carré alors que la partie imaginaire est simplement fonction de la perméabilité. Finalement on peut conclure que le système proposé est bien capable de polariser la roue polaire.

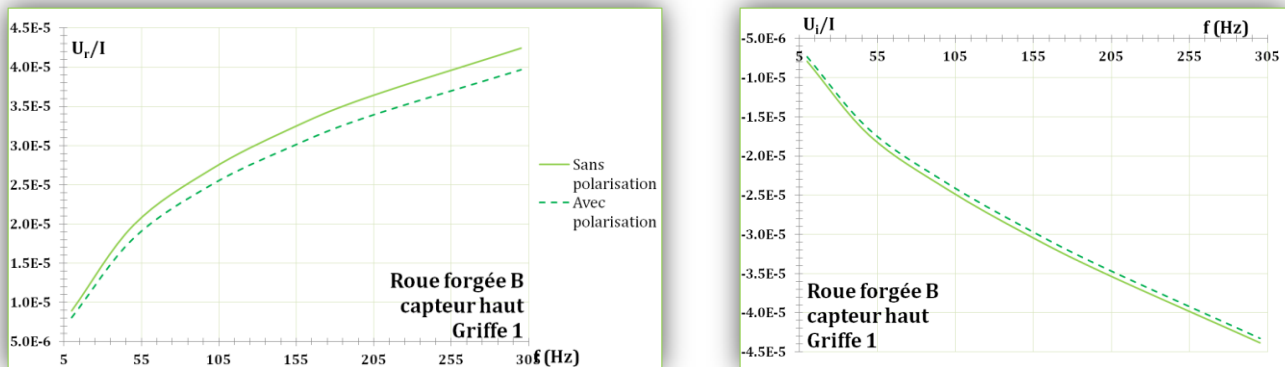


Figure 155 : Résultats expérimentaux : effet de la polarisation

III.2.2.B. COMPARAISON DES RESULTATS D'UNE ROUE A L'AUTRE

On dispose de deux roues notées A de géométrie identique et de composition similaire, mais l'une est usinée et l'autre est forgée. L'histoire métallurgique de ces deux roues étant très différentes, on s'attend donc à obtenir des résultats expérimentaux différents. La Figure 156 présente les résultats expérimentaux obtenus pour ces deux roues sans polarisation. On constate qu'il existe effectivement une différence très importante entre les mesures de ces deux roues polaires. Ces résultats ne sont pas sans rappeler ceux obtenus pour les plaques B0, B1 et B2 (c.f. **paragraphe II.2.3c**). En effet, ces échantillons de même composition ont donné des résultats de perméabilités incrémentales très différents en raison de leur histoire métallurgique différente. Ainsi, deux roues de composition similaire mais avec une histoire métallurgique différente sont clairement distinguables par cette méthode de mesure.

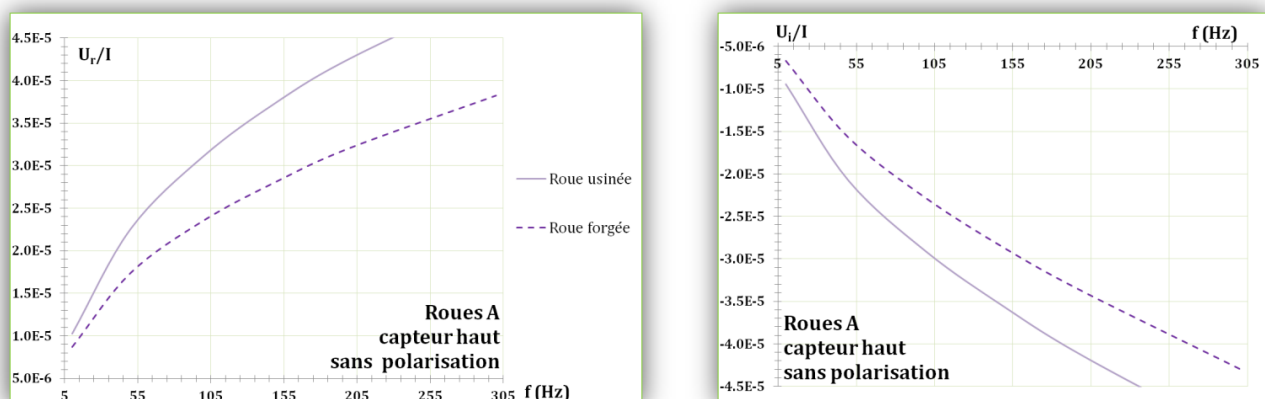


Figure 156 : Résultats expérimentaux : comparaison entre deux roues polaires de même géométrie

III.2.2.C. COMPARAISON DES RESULTATS D'UNE GRIFFE A L'AUTRE

Intéressons-nous maintenant aux résultats obtenus d'une griffe à l'autre pour une roue polaire. Les résultats expérimentaux obtenus pour la roue B sans polarisation sont donnés Figure 157. On constate que les parties réelles des mesures obtenues d'une griffe à l'autre sont significativement

différentes (coefficient de variation de 3,4 %). Le même phénomène est constaté dans le cas de la mesure avec polarisation (coefficient de variation de 3,4 %). Ainsi, une hétérogénéité au sein d'une même roue polaire peut être détectée par cette méthode de mesure.

A titre de comparaison, les résultats obtenues pour la **roue usinée A** diffèrent de moins de 2% ce qui n'est pas suffisant pour être pertinent (c.f. **paragraphe III.2.1**). Ce résultat est rassurant car on s'attend à une bonne homogénéité de propriétés électromagnétiques dans le cas d'une roue polaire usinée.

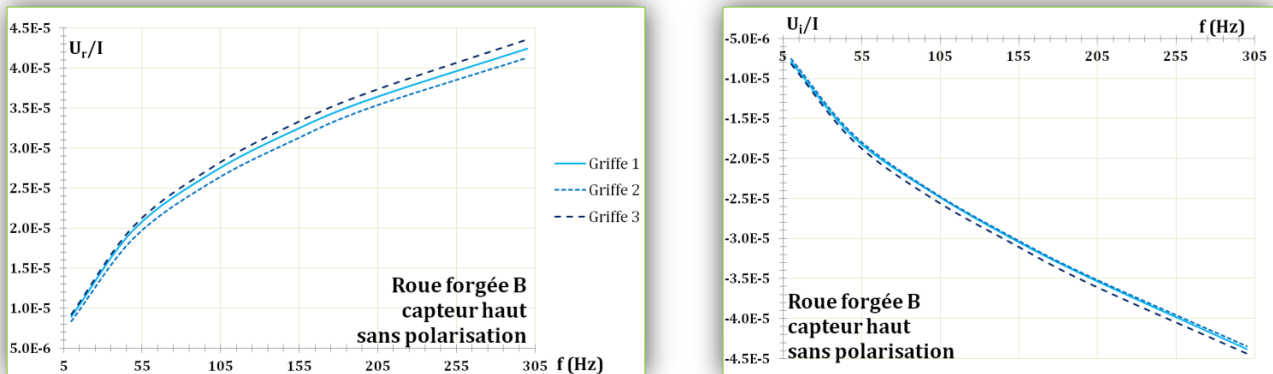


Figure 157 : Résultats expérimentaux : comparaison entre les griffes d'une même roue polaire

Une méthode de mesure de la perméabilité incrémentale a été proposée. Il s'agit d'une méthode prometteuse qui respecte le cahier des charge préalablement établi dont les principales spécifications sont une méthode locale et non destructive de mesure de(s) perméabilité(s) magnétique(s) des roues polaires.

CONCLUSION GENERALE

