



Gilbert WACHE – ALSTOM CONTRACTING SEB/CND/RTO
Philippe NOURRISSON - ALSTOM CONTRACTING SEB/CND/PSC
Thierry GARET – ASCOT

INIS-FR--3A7

Introduction

La vérification des performances et leur maintien à un niveau constant dans le temps est un souci permanent des professionnels de la maintenance, plus spécialement dans le domaine du contrôle non destructif par courants de Foucault tel qu'il est pratiqué dans l'industrie nucléaire ou aéronautique. On s'attache à prévenir toute défaillance et surtout à la maîtriser par une connaissance périodique approfondie de sa signature et de son évolution dans le temps. La reproductibilité des conditions de sensibilité adoptée au niveau de la chaîne de mesure est indispensable pour pouvoir comparer des informations dans les mêmes conditions et on peut se demander en particulier si les techniques de caractérisation du capteur, qui se situe à l'origine de l'information, sont actuellement bien maîtrisées. L'exemple ci-dessous illustre cette crainte : dans le cadre d'un appel d'offre récent de la Federal Aviation Administration aux Etats-Unis, le développement d'un appareil spécifique est proposé [1], [2], [3]: les auteurs de ce développement ont observé que la sensibilité des capteurs d'un même modèle approvisionné chez un même fournisseur pouvait varier dans une proportion pouvant atteindre 350% et qu'au cours d'une démonstration effectuée dans un centre de maintenance aéronautique ayant porté sur la caractérisation de 30 capteurs, 3 avaient été reconnus non conformes et écartés en utilisation.

Même si les chiffres présentés dans cet exemple peuvent paraître excessifs ils révèlent un problème réel. L'objet de cette publication est de présenter les résultats obtenus par ALSTOM en utilisant l'outillage SURECA destiné à la caractérisation des sondes de condenseur et d'échangeur.

Le principe de l'outillage mis en œuvre pour la caractérisation.

Si l'opérateur dispose de seulement un tube de référence, comportant des défauts artificiels, pour caractériser les sondes utilisées en association avec l'équipement, il peut être surpris par les différences de sensibilité observées sur certains événements pendant le contrôle, d'une sonde à l'autre.

Parmi d'autres raisons dépendant de la configuration de la sonde ou du procédé de fabrication, les deux principales exposées ci-dessous peuvent expliquer ces différences :

- Le contrôle est généralement réalisé par comparaison entre le signal du défaut inconnu et celui de l'entaille artificielle de référence utilisée : ce dernier est grandement affecté par la nature du matériau et la précision du procédé d'usinage du défaut artificiel,
- Le couplage de la sonde avec le générateur CF est aussi une source de dispersion : la nature du pont de référence utilisé et du câble assurant la liaison entre la sonde et le générateur peut affecter l'amplitude du signal en produisant un effet de filtrage plus ou moins accusé.

Ces effets pervers sont atténués en compensant la sonde avec l'appareil sur le tube de référence en zone saine, mais en réalité ils restent présents, plus précisément en mode absolu, et deux sondes provenant de deux fabricants différents et qualifiés pour le même procédé, peuvent conduire à des réponses différentes.

La méthode proposée pour la caractérisation des sondes de condenseurs et d'échangeurs repose sur l'utilisation des tubes SURECA constitués d'un support isolant contenant trois circuits de référence produisant des signaux courants de Foucault semblables à ceux des entailles artificielles des étalons conventionnels [4], [5]

La figure N°1 jointe en Annexe présente la vue en coupe d'un tel tube et la simulation des signaux obtenus sur les trois circuits fait l'objet de la figure N° 2 : les réponses en amplitude et en phase de la sonde à caractériser, sont comparées aux réponses obtenues sur la sonde de référence qualifiée pour le procédé, aux valeurs de fréquences de travail imposées en utilisation.

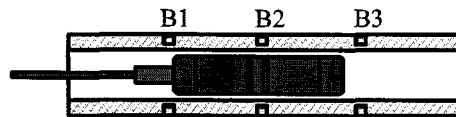


Figure N°1

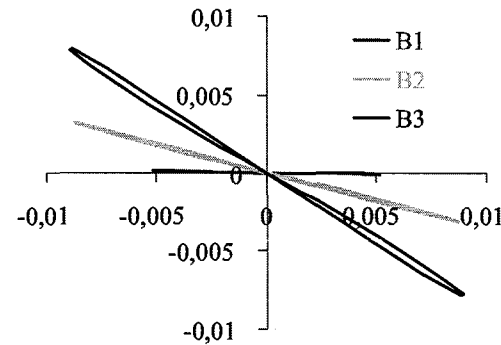


Figure N°2

La méthode de caractérisation à - 6dB

La réponse d'une sonde différentielle à deux enroulements au passage devant un circuit de référence peut être modélisée relativement facilement à partir des équations du transformateur, chaque enroulement étant considéré comme un primaire et le circuit de référence comme un secondaire : ces équations font intervenir la technologie du pont de mesure de l'appareil, les coefficients de mutuelle dépendant de la position relative suivant l'axe des enroulements par rapport au circuit de référence, et les impédances propres à chaque enroulement.

La figure N°3 présente un exemple de la simulation de la réponse en amplitude d'un circuit de référence en fonction de la fréquence au passage de trois sondes de configuration différente. On observe un maximum de réponse en amplitude pour une valeur précise de la fréquence, différente d'une configuration de sonde à l'autre, suggérant de caractériser la plage d'utilisation en fréquence de chaque sonde par une réponse à - 6dB par rapport à l'amplitude maximale, telle qu'elle est définie sur la figure N°4 : les fréquences d'utilisation de la sonde doivent alors être comprises entre les deux fréquences de coupure, haute et basse, ainsi définies.

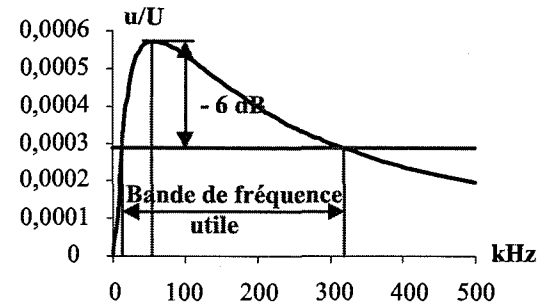


Figure N°4

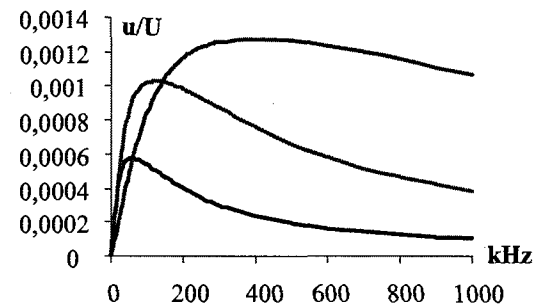


Figure N°3

Les exemples de résultats obtenus

Conditions d'essai

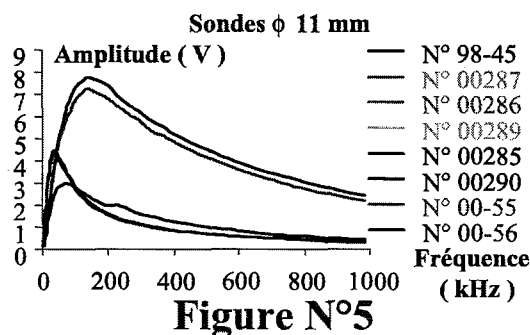
Les contrôles de sondes en recette sont réalisés sur le site ALSTOM de Bourg de Péage à l'aide des tubes SURECA et du générateur à courants de Foucault autorisant la programmation simultanée de plusieurs fréquences de manière à couvrir globalement la gamme des fréquences comprises entre 0 et 1 MHz, représentatives des conditions d'utilisation.

Au stade actuel de la définition des tubes, seul un circuit de référence est pris en considération et on s'attache uniquement à la caractérisation de l'amplitude du signal.

Chaque sonde est déplacée manuellement à l'intérieur du tube adapté au diamètre et les amplitudes mesurées pour chaque valeur de fréquence sont archivées dans un tableau sous EXCEL.

Diamètre nominal ϕ 11 mm

Un exemple est présenté en figure N° 5 pour 8 sondes de diamètre ϕ 11 mm caractérisées à l'aide de tubes de diamètre ϕ 12 mm

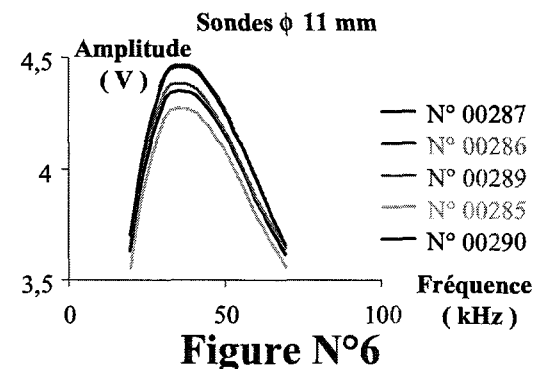


L'examen des courbes correspondantes fait apparaître 3 familles distinctes correspondant effectivement à 3 configurations différentes :

- première famille correspondant à la référence 98-45 destinée à une utilisation en moyenne fréquence,
- deuxième famille correspondant aux références 55 et 56 destinées à une utilisation en haute fréquence,
- troisième famille correspondant aux références 285, 286, 287, 289 et 290 destinées à une utilisation en basse fréquence

On note entre les 2 sondes de la deuxième famille références 55 et 56 un écart en amplitude voisin de 0,5 volt pour la fréquence correspondant au maximum et au-delà de cette valeur.

La figure N° 6 présente un zoom du maximum de réponse des 5 sondes de la troisième famille, traduisant ainsi la discrimination faite au sein d'une même famille.



La figure N° 7 correspond à des exemples récents de sonde ayant fait l'objet d'une non-conformité par rapport aux fréquences imposées en utilisation à partir du critère à - 6dB défini précédemment pour la détermination de la fréquence utile.

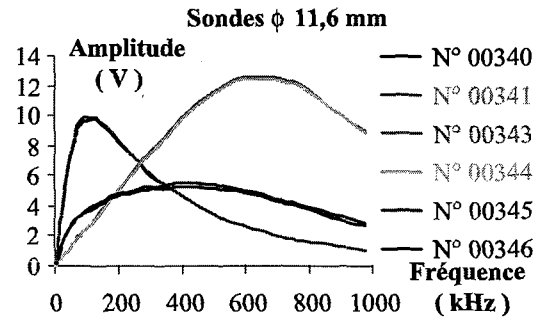


Figure N°7

Diamètre nominal f 15 mm

La figure N° 8 correspond aux résultats obtenus pour 6 sondes de configuration différente : on observe que pour un même diamètre on est présence d'un éventail de bandes passantes très varié dans lequel l'utilisateur est à même de faire son choix en fonction de l'application qu'il a à traiter.

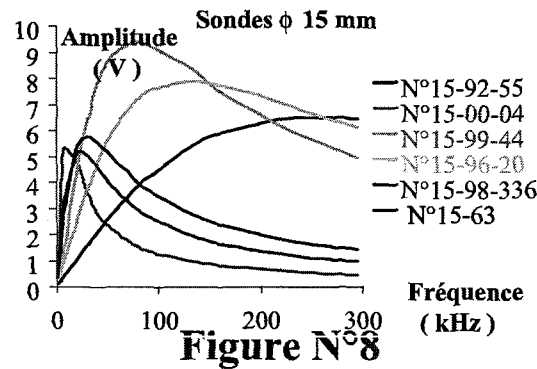


Figure N°8

Conclusion

De manière à renforcer le contrôle en recette des sondes axiales de condenseurs et d'échangeurs l'établissement ALSTOM de Bourg de Péage a mis en place une méthode de caractérisation basée sur l'utilisation des tubes de référence SURECA de provenance ASCOT.

La méthode repose sur l'appréciation de la bande passante à - 6dB par rapport à l'amplitude maximale observée sur l'un des circuits de référence du tube SURECA : une sonde est considérée conforme si les fréquences imposées en utilisation et spécifiées à chaque commande, sont comprises entre les deux fréquences limites ainsi définies.

Au cours des deux années écoulées plus de 200 sondes ont été caractérisées par cette méthode : des exemples de fonctions de transfert obtenues pour des diamètres f 11mm, f 11,6 mm et f 15 mm sont présentés et traduisent les performances de la méthode.

Des non-conformités ont été observées dans le cadre des essais de recette réalisés suivant cette méthode.

De plus la gestion informatique des résultats permet d'identifier rapidement chaque sonde et de prévoir son utilisation en fonction des besoins du client.

Une adaptation de cette méthode à d'autres types de capteurs est en cours d'évaluation.

Bibliographie

[1] Consultation Internet : www.cnde.iastate.edu/faa-casr/accomp/moulder2.html

[2] J.C. Moulder, and N. Nakagawa : " Characterizing the Performance of Eddy Current Probes Using Photoinductive Field-Mapping, " Res. Nondestr. Eval., 4, 221, (1992).

[3] N. Nakagawa, and J.C. Moulder : " Eddy Current Probe Calibration Via the Photoinductive Effect, " in Review of Progress in Quantitative NDE, Vol. 13, edited by D.O. Thompson and D.E. Chimenti, Plenum, New York, (1994).

[4] G. Waché " SURECA – Système Unique de Référence et d'Evaluation des Capteurs utilisés en Courants de Foucault " Revue Pratique de Contrôle Industriel N° 176 bis (Octobre 1992) p. 52-59

[5] G. Waché, J.Jardet, R. Link " Caractérisation des capteurs utilisés en contrôle non destructif par courants de Foucault : aspects théoriques et expérimentaux " 6 ème Conférence européenne sur les Contrôles Non Destructifs. NICE 94

[6] G. Waché, Ph. Nourrisson, Th. Garet " Eddy Current Probes characterization by means of a reference circuit " 15 th. WCNDT. ROMA 2000