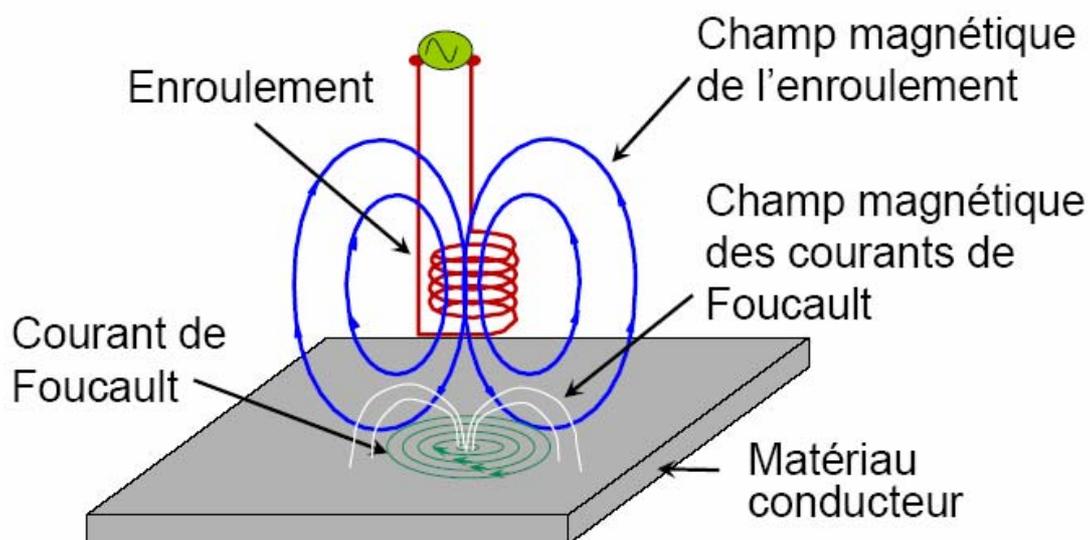

Technique N°4 : Courant de Foucault

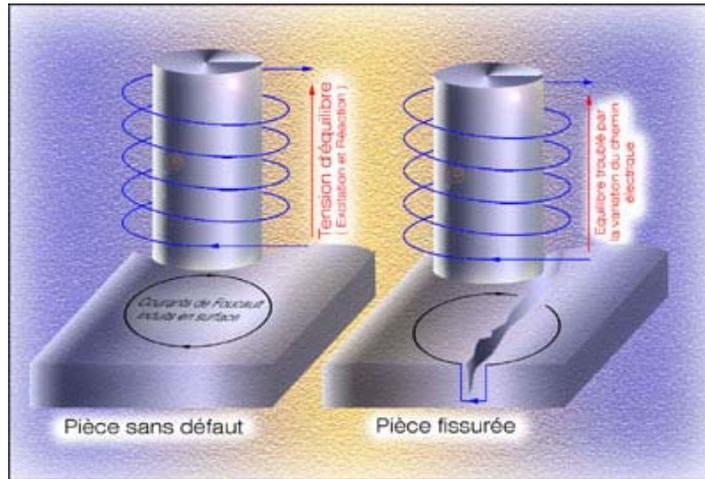
Objectifs spécifiques:

- Connaître le principe, les bases théoriques du courant de Foucault et son instrumentation
- Connaître les applications industrielles et de laboratoire de la technologie (contrôle des appareils à pression, détection de corrosion, détection de fuites, examen de structures composites...)

Principe

Lorsque l'on place un corps conducteur dans un champ magnétique variable dans le temps ou dans l'espace, des courants induits se développent en circuit fermé à l'intérieur de celui-ci, ce sont les courants de Foucault (physicien français 1819 - 1868). Ainsi, une bobine parcourue par un courant variable, alternatif par exemple, génère de tels courants induits qui, créant eux-mêmes un flux magnétique qui s'oppose au flux générateur, modifient par la même l'impédance de cette bobine. C'est l'analyse de cette variation d'impédance qui fournira les indications exploitables pour un contrôle, en effet, le trajet, la répartition et l'intensité des courants de Foucault dépendent des caractéristiques physiques et géométriques du corps considéré, ainsi bien entendu que des conditions d'excitation (paramètres électriques et géométriques du bobinage).





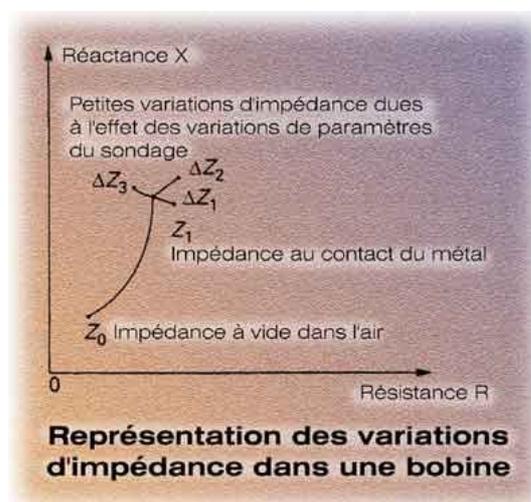
Principe de la détection par les courants de Foucault

On conçoit dès lors qu'un défaut, constituant une discontinuité électrique venant perturber la circulation des courants de Foucault, puisse engendrer une variation d'impédance décelable au niveau de la bobine d'excitation (ou de tout autre bobinage situé dans le champ). Ce principe simple est surtout utilisé pour détecter des défauts superficiels, dans la mesure où les courants de Foucault ont tendance à se rassembler à la surface des corps conducteurs (effet de peau).

Mise en oeuvre

Les principaux paramètres à prendre en compte pour un contrôle résultent des considérations précédentes et peuvent se répartir en pratique en trois catégories.

Paramètres liés au matériau à sonder: outre ceux liés à sa forme géométrique (diamètre), ce sont sa conductivité électrique s et sa perméabilité magnétique m dont il importera de prendre en compte le niveau de stabilité le long de la pièce ou d'une pièce à



l'autre, toute variation locale entraînant un déplacement du point de fonctionnement moyen de la sonde, comme cela apparaît sur la figure suivante.

Paramètres liés au montage, qui gouvernent le couplage entre la ou les bobines et le matériau: il s'agit soit du coefficient de remplissage pour les bobines encerclantes, rapport entre la section de la barre et celle de la bobine; soit du lift - off, terme désignant universellement la distance entre une sonde plate et la surface de la pièce au dessus de laquelle elle évolue. La constance de ces paramètres est aussi à rechercher pour éviter des effets perturbateurs trop importants sur le point moyen de fonctionnement.

Paramètres électriques: c'est essentiellement la fréquence d'excitation de la bobine, paramètre dont on est maître et qui sera choisi en fonction des considérations précédentes, à savoir l'obtention d'un effet de peau adéquat eu égard en particulier à la profondeur des défauts, et d'un point de fonctionnement sur le diagramme complexe permettant une bonne discrimination des différents paramètres perturbateurs de l'impédance Z (figure ci - dessus). L'intensité de magnétisation alternative, liée à l'intensité électrique envoyée dans la bobine, n'est pas un facteur déterminant du contrôle, dans la mesure où elle est choisie suffisamment faible pour éviter une saturation magnétique qui introduirait des non - linéarités rendant inextricable l'exploitation des signaux, et suffisamment forte pour que le rapport signal sur bruit soit convenable au niveau des amplifications et autres traitements électroniques.



Application

1. Contrôle des tubes, barres et fils

La technique de détection des défauts par courants de Foucault à l'aide de bobines encerclantes se trouve très bien adaptée au contrôle industriel à grande cadence de tous les produits longs métalliques; aussi est - elle très utilisée dans les industries métallurgiques des ferreux et des non - ferreux, où l'on détecte ainsi des défauts superficiels de nature variée sur des fils, des barres et des tubes de petits diamètres (inférieurs à quelques centimètres). Une telle technique peut mettre en évidence, sur ces produits, non seulement des défauts de santé superficiels tels que criques, piqûres, petites pailles, mais aussi des défauts de géométrie, tels que des variations brusques de diamètre ou d'épaisseur de paroi, des hétérogénéités de structure telles que des zones à gros grains, etc.

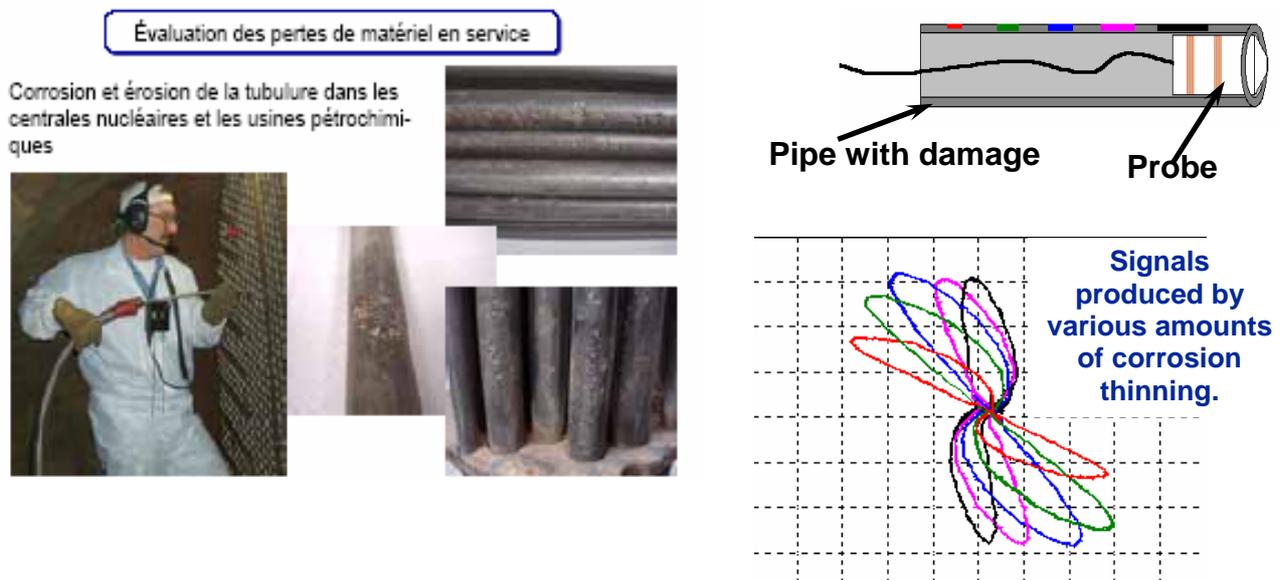
Le contrôle en ligne de fabrication est possible et est couramment utilisé en sidérurgie, par exemple, directement en sortie de laminoirs à chaud, le fil machine passant à plus de 100 km/h et à plus de 600°C dans une bobine protégée en conséquence. La technique de la projection de phase permet en général de bien éliminer, dans ces contrôles, l'influence néfaste que produisent les vibrations du fil sur le signal utile.

Le procédé à sonde encerclante devient toutefois insuffisamment sensible lorsque l'on veut contrôler des produits longs de gros diamètre ou lorsque l'on recherche de très petits défauts sur des produits bien calibrés et présentant un bon état de surface tels que les étirés et les tréfilés. On préfère dans ce cas utiliser les procédés dits à sondes tournantes, basés sur l'auscultation de la surface selon des pistes hélicoïdales; 2 ou 4 sondes pick - up tournent à grande vitesse autour du produit lui - même en défilement lent à l'intérieur du rotor de la machine. Les sondes sont constituées de petites bobines qui effleurent la surface du produit et présentent ainsi une grande sensibilité aux fins défauts longitudinaux tels que les longues criques appelées lignes dont la profondeur peut être inférieure à 100 mm.

La bonne tenue des sondes tournantes implique un bon guidage et un bon centrage du produit dans le rotor de la machine qui constitue généralement le cœur d'un banc de contrôle " barre par barre " ; celui - ci comporte en outre un bobinage de saturation magnétique et un bobinage de démagnétisation lorsqu'il s'agit de contrôles des produits en acier ferromagnétique, ainsi qu'un système de marquage des défauts ou d'aiguillage pour éliminer les barres ou tubes défectueux. Le contrôle des tubes en service est une application importante du contrôle par courants de Foucault, étant donné l'importance que revêt la maintenance des chaudières, des échangeurs et surtout des générateurs de vapeur des

centrales nucléaires. On sonde ici les tubes par l'intérieur en utilisant un " furet " poussé et tiré par un câble et constitué par une ou des bobines longitudinales et concentriques au tube. L'utilisation séparée ou conjointe (système multi - fréquence) de fréquences bien choisies permet d'identifier les différents types de défauts recherchés, fissures en paroi externe ou interne du tube, cavité de corrosion, etc., tout en éliminant les signaux parasites dus à l'environnement du tube (entretoise, renforts).

□



2. Contrôle des surfaces planes

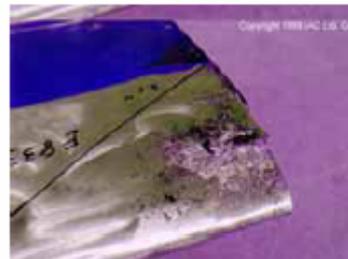
Le contrôle des surfaces planes, en ce qui concerne la recherche de petites criques, fissures ou hétérogénéités locales, peut être réalisé à l'aide d'une sonde pick up que l'on glisse avec ou sans contact, qui comporte une bobine plate souvent associée à un noyau ferromagnétique destiné à concentrer et bien définir la zone sensible de la sonde. De très fins défauts peuvent être ainsi détectés sur tout produit conducteur, toutefois, le caractère ponctuel de la zone sensible oriente plus volontiers l'usage du procédé vers le contrôle de petites surfaces correspondant aux zones critiques dans la dégradation d'une pièce mécanique plutôt que vers l'examen systématique de grandes surfaces comme les tôles. C'est ainsi que les courants de Foucault sont couramment utilisés pour la recherche de fissures de fatigue au cours des opérations de maintenance du matériel aéronautique. Le contrôle peut être manuel mais, dans certains cas de contrôle en série, on pourra aisément automatiser le procédé en utilisant un bras manipulateur pour déplacer la sonde et un

système de traitement de l'information conduisant à une cartographie et à un archivage des résultats du contrôle.



Applications en aéronautique

Évaluation des pertes de matériel en service



Corrosion exfoliante
(desquamation)

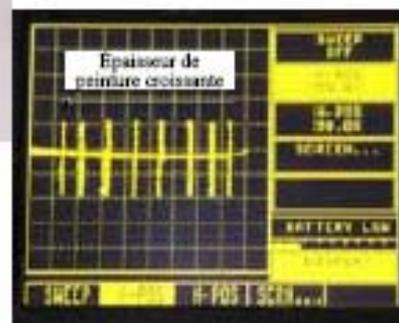
Érosion d'une pale



On trouve aussi quelques applications des courants de Foucault dans le domaine des mesures dimensionnelles, l'intérêt étant de disposer ainsi d'une méthode de mesure sans contact avec la pièce, ce qui n'est pas le cas en métrologie traditionnelle ou avec les procédés ultrasonores. On mesure ainsi des diamètres de tubes et l'on peut mettre en évidence des amincissements de parois.



8 différentes épaisseurs de peinture sur un panneau d'aluminium (fuselage d'un avion).



Notons enfin que les procédés de détection par courants de Foucault sont utilisés en dehors de l'industrie dans des domaines très variés, dont le plus connu est sans doute celui de la détection d'objets métalliques dans un environnement isolant. Qu'il s'agisse des détecteurs de mines ou des appareils de sécurité dans les aéroports ou autres lieux publics, on base la détection sur l'emploi de bobines de grandes dimensions susceptibles de créer un

champ suffisamment volumineux pour être perturbé à bonne distance par la présence d'un objet métallique dans lequel vont se développer les courants de Foucault. La mise au point et le réglage de ces appareils présentent les mêmes subtilités et utilisent les mêmes fondements théoriques que dans le cas des appareils dédiés à l'industrie.

Performance & limitations

Les possibilités offertes par la sensibilité de détection et l'automatisation aisée du contrôle par courants de Foucault sont très appréciées sur le plan industriel. L'absence de contact entre la sonde et la pièce à contrôler, la possibilité de défilement à grande vitesse et la facilité d'intégration du procédé dans les chaînes de production donnent à cette technique de contrôle un avantage certain par rapport aux autres procédés.

Les courants de Foucault constituent par ailleurs un moyen de contrôle exceptionnellement fidèle et ce malgré la complexité des phénomènes électromagnétiques mis en œuvre et la multitude des paramètres d'action. Ce caractère d'excellente reproductibilité est très important pour les contrôles en maintenance, ainsi que pour la qualité des procédures d'étalonnage du matériel. Il est possible, avec les courants de Foucault, de détecter d'infimes hétérogénéités de surface, toutefois cette grande sensibilité concerne bien entendu tous les paramètres perturbateurs, ce qui fait que, pour certaines applications, on pourra avoir du mal, malgré des réglages optimisés de la fréquence et de la phase, à obtenir un rapport signal/bruit satisfaisant et donc un contrôle fiable, sans fausses alarmes. Plusieurs remèdes à cette situation pouvaient être utilisés : techniques multifréquences, saturation magnétique des aciers pour minimiser l'effet perturbateur des variations locales de la perméabilité magnétique, traitement du signal par filtrage ou par des procédures plus complexes apparentées au traitement d'image. En ce sens, le contrôle par courants de Foucault bénéficie pleinement des progrès constants de l'électronique et de l'informatique

