

AVIS D'EXPERTS I

UTILISATION D'UN CAPTEUR À ROUE ULTRASONS MULTIÉLÉMENT DANS LE MONDE INDUSTRIEL

Il y a maintenant un peu plus de dix ans, Sonatest lançait le premier capteur ultrasons multiélément à roue...



L'idée même du capteur à roue date des années 1970, mais avec des traducteurs ultrasons standards, monoélément. Toute l'ingéniosité et l'innovation de l'université de Bristol en Angleterre, a été de travailler sur le pneu pour trouver le matériau idéal et ses modes d'élaboration (ce qui fait d'ailleurs l'objet de plusieurs brevets) de manière à utiliser ce concept avec des sondes ultrasons multiélément [1]. Ce matériau permet d'avoir une transmission optimale des ondes ainsi qu'une résistance kilométrique à l'abrasion des surfaces contrôlées.

L'intérêt majeur de cette technologie est la facilité du couplage acoustique et bien évidemment le gain de temps ! Une simple pulvérisation d'eau et la sonde roule sur la surface à contrôler. Finis les sabots rigides qui collent avec le couplant et qui bloquent sur les aspérités de surface, finis les boîtes à eau qui, suivant les positions de contrôle, nous arrosent les pieds. Il est évident que l'électronique a aussi son importance. Les capteurs à roue fonctionnent sur la majorité des appareils multiéléments du marché, mais le contrôle sera d'autant plus rapide que le matériel aura un processeur puissant avec des fréquences de numérisation et de rafraîchissement d'image élevées, ainsi qu'une capacité de stockage importante.

LES EXPERTS



Nathalie HÉBERT
Sofranel, Sartrouville.



Olivier CASSIER
Sofranel, Sartrouville.

Développée à l'origine pour l'industrie aéronautique, ce capteur à roue multiélément est de plus en plus utilisé dans d'autres secteurs industriels, notamment pour la recherche de corrosion. Les besoins ont donc changé et en fonction de l'application, la configuration et l'ergonomie de la sonde peuvent évoluer. Pour l'aéronautique les surfaces sont plutôt planes ou avec de grands rayons de courbure alors que pour une inspection de tuyauteries, on travaille sur des surfaces courbes convexes voire concaves. Il faut donc pouvoir régler la normalité de la barrette multiélément par rapport à la surface à contrôler. Parfois, il est primordial d'avoir une meilleure résolution sous la surface, et parfois au contraire d'avoir un pouvoir de pénétration plus important. Il faut donc pouvoir travailler à différentes fréquences. Les capteurs à roue disponibles aujourd'hui ont des fréquences de 2 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 7 MHz et 10 MHz. De nouveaux besoins apparaissent, par exemple avec

le développement des énergies renouvelables, il faut être capable de traverser des matériaux très absorbants et de fortes épaisseurs. Ceci oblige à descendre encore plus bas en fréquence à 1 MHz ou 0,5 MHz et à revoir la conception du capteur pour augmenter le diamètre de la roue afin d'avoir une hauteur d'eau plus importante et augmenter les capacités de contrôle.

Principes généraux d'un capteur à roue multiélément

La barrette multiélément est fixe à l'intérieur du pneu qui est rempli d'eau et tourne autour du capteur (figure 1). En regardant la formule ci-dessous, on comprend bien que suivant la nature du matériau à inspecter, l'épaisseur maximale contrôlable est limitée par la hauteur d'eau et l'épaisseur du pneu. Avec le retour d'expérience de ces dix années écoulées, la sonde à roue multiélément a évolué ; une nouvelle version beaucoup plus modulaire et ergonomique, vient d'être lancée par Sonatest.

Communément appelées Wheelprobe™, Rollerform™ ou encore Rotoarray™, des gammes plus ou moins complètes sont désormais disponibles. Les fournisseurs proposent différents modèles qui vont de la simple copie du modèle original à de véritables innovations développées grâce aux retours des utilisateurs avec des améliorations concrètes.

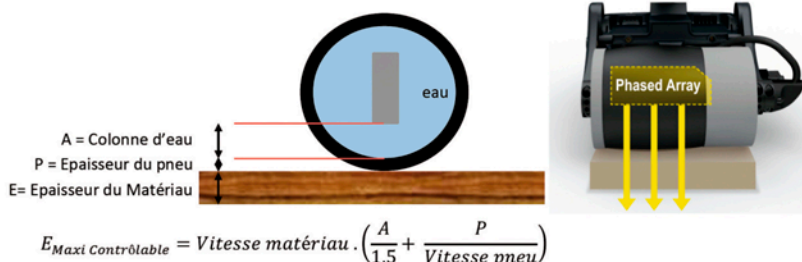


FIGURE 1 : Schéma de principe.



FIGURE 2 : Inspection de conduites d'évacuation de fumées avec la Wheel Probe 10 MHz.

Pourquoi utiliser un capteur à roue ?

Comme déjà évoqué, l'intérêt majeur d'une sonde à roue réside dans la facilité de couplage même sur des surfaces présentant des irrégularités. Le pneu utilisé a en effet une certaine souplesse qui lui permet d'épouser des variations locales de la surface à condition que celles-ci soient lentes.

Il faut signaler que suivant le matériau utilisé pour le pneu, les performances obtenues avec les sondes à roue du marché peuvent être très différentes. Le matériau original, qui fait l'objet d'un brevet, présente en effet une impédance acoustique de $1,278 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$ qui est très proche de celle de l'eau [pour mémoire : $1,48 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$].

Ceci procure plusieurs avantages :

- le coefficient de réflexion entre l'eau présente dans la roue et le pneu est faible, il n'y a donc quasiment pas d'écho d'interface eau/pneu ;
- l'utilisation possible de fréquence supérieure à 7 MHz pour améliorer la résolution sous la surface ;
- le couplage entre la roue et la pièce à inspecter peut être réalisé par un mince film d'eau puisque l'impédance acoustique est voisine.

De plus le capteur à roue permet d'entraîner le couplant sur la surface et ne nécessite donc qu'une légère aspersion d'eau, même sur des surfaces métalliques rugueuses.

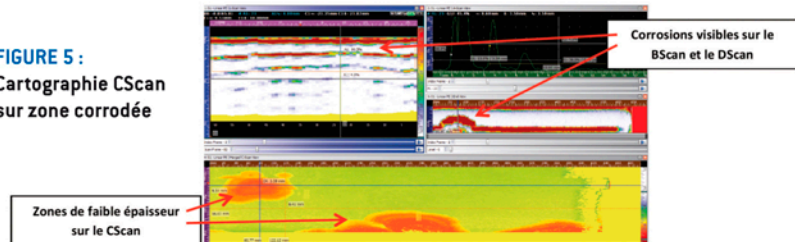
Exemples d'application

Les exemples décrits ci-dessous démontrent l'applicabilité des sondes à roue dans plusieurs cas industriels et comment l'utilisation de certaines fonctions et accessoires peuvent simplifier la vie des opérateurs.



FIGURE 3 : Présence de LED à l'arrière de la sonde Sonatest WP2.

FIGURE 5 : Cartographie CScan sur zone corrodée



Recherche de corrosion sur cheminées de fours

Après avoir ajusté la normalité de la barrette multiélément au diamètre des cheminées, puis effectué le marquage de la pièce, le laser de guidage est positionné sur le bord gauche du pneu permettant ainsi de se repérer facilement et rapidement sur le tracé. Sur cette application, l'accès n'étant pas toujours aisé, la légèreté de la sonde utilisée (1 Kg) permet de réaliser l'ensemble de l'inspection sans difficulté. Le système de remplissage sous pression évite la présence de bulles et rend le contrôle possible sur toutes les zones, à la fois verticales et en position inférieure, sans aucune perturbation.

L'utilisation d'une télécommande pour le départ/arrêt de l'enregistrement, le passage à la bande suivante, la réinitialisation de la position de la sonde, permettent de réaliser efficacement une cartographie de chaque zone à inspecter. La télécommande sans fil donne une grande souplesse d'opération : celle-ci peut être positionnée directement sur le châssis du capteur à roue à main gauche ou à main droite, ou actionnée par un deuxième opérateur en surveillance d'acquisition. Les LED, situées à l'arrière de la sonde utilisée, sont programmées indépendamment pour les conditions d'alarme de la pièce contrôlée [figure 3]. De ce fait, l'opérateur peut constater immédiatement la présence de zones corrodées sous un seuil d'alerte.

Le déport d'écran sur n'importe quel smartphone du marché est également



FIGURE 4 : Utilisation d'un smartphone fixé sur la poignée de la WheelProbe pour visualiser l'acquisition en temps réel.

possible. Le téléphone connecté par Wifi à l'électronique ultrasons multiéléments se fixe sur la poignée de la sonde [figure 4]. L'acquisition est visualisée directement au droit de la sonde sans avoir à détourner le regard vers l'appareil. On peut également agir sur les réglages des paramètres ultrasons directement sur l'écran du téléphone en utilisant son écran tactile. La connexion peut être faite sur n'importe quel périphérique utilisant Android, Windows ou IOS.

Les cartographies obtenues au cours de l'inspection mettent en évidence une zone de forte corrosion. Voir sur l'image ci-dessus [figure 5] l'analyse d'une des acquisitions obtenues.

Inspection de tuyauterie



Pour effectuer le contrôle longitudinal d'une tuyauterie, la sonde peut être configurée avec une poignée transversale et avec deux rouleaux d'appui avant et arrière en forme de diabolos pour épouser la forme de la tuyauterie, centrer la sonde sur l'axe de la tuyauterie et faciliter le déplacement. Le fait de pouvoir régler la position du laser sur la largeur de la sonde permet de trouver le point de repère correspondant à l'axe et de mieux guider la sonde [figure 6].

On peut également adjoindre à la Wheel-Probe un scanner à chaîne pour guider parfaitement celle-ci sur toute la circonférence de la tuyauterie et positionner la sonde à des index successifs pour réaliser une cartographie complète avec un recouvrement entre chaque index (figure 7).



FIGURE 7 : Inspection d'une tuyauterie avec scanner Beltman à chaîne.

Inspection aéronautique

Sur les applications aéronautiques, la sonde à roue est principalement utilisée, soit sur matériaux composites aussi bien en fabrication qu'en maintenance (recherche d'impacts) soit sur matériaux métalliques, principalement en maintenance et en recherche de corrosion.

Là encore, la facilité de couplage est primordiale, mais également la rapidité de mise en oeuvre du chantier et la rapidité de réalisation des acquisitions.

L'utilisation d'une sonde de fréquence 10 MHz permet d'avoir une très bonne résolution sous la surface ; ce qui est particulièrement important en recherche de corrosion sur des pièces en aluminium, pour détecter des épaisseurs aussi fines que 1,2 mm (figure 8).

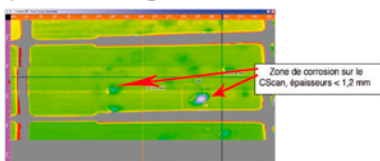


FIGURE 8 : Exemples de corrosions détectées sur des alvéoles de panneaux de voilures en aluminium.

La modularité de la WheelProbe avec des poignées qui peuvent se fixer de part et d'autre de la sonde permet d'effectuer des acquisitions sous voilure avec une meilleure prise en main (figure 9).



FIGURE 9 : Configuration de la WheelProbe 2 avec deux poignées pour inspection au plafond.

L'allègement de la sonde et le système de remplissage rendent le travail sous voilure plus supportable. L'opérateur guide la sonde et s'assure des zones couvertes et des recouvrements grâce à l'utilisation d'un laser linéaire, réglable en largeur (figure 10). Ce réglage de la position latérale du laser permet de s'adapter au mieux à différentes configurations et contraintes extérieures. Par exemple, il peut être utile parfois de l'aligner sur la première loi de retard, au milieu du pneu ou au contraire sur la dernière loi de retard.



FIGURE 10 : Laser de guidage réglable en position le long des lois de retard.

Le retour d'expérience d'utilisation de ces sondes dans le monde industriel a permis de développer des câbles détachables. La principale cause de panne aujourd'hui est en effet liée à des ruptures de câble. Outre le fait qu'un câble de rechange se trouve plus facilement sur étagère permettant ainsi des délais d'intervention plus rapides, on peut aussi imaginer avoir en accessoire des câbles de différentes longueurs, ou des câbles avec différents connecteurs pour les utiliser sur des électroniques différentes.

Inspection de pales d'éoliennes et de matériaux très absorbants

L'émergence des énergies éoliennes et hydroliennes et le développement des matériaux composites résine/fibres de verre nécessitent le développement de nouvelles sondes innovantes et performantes pour pouvoir les inspecter. Il existe aujourd'hui une sonde à roue « Jumbo » basée sur l'utilisation d'une sonde 64 éléments 0,5 MHz ou 1 MHz avec une colonne d'eau importante pour pouvoir contrôler des épaisseurs jusqu'à 75 mm de matériaux lents (figure 11). Cette sonde donne des résultats très intéressants et permet de couvrir des surfaces relativement importantes. La problématique de

ces matériaux se situe aujourd'hui dans la définition des défauts recherchés et dans la connaissance des mécanismes de ruine des structures. De ce fait, le contrôle de ces matériaux peut être problématique, car on ne sait pas toujours définir le défaut minimum à trouver. Néanmoins, des solutions existent pour inspecter ces pièces en utilisant cette sonde à roue.



FIGURE 11 : Inspection de pales d'éolienne à l'aide la WheelProbe « Jumbo » 0,5 MHz.

Conclusion

Les capteurs à roue ultrasons multiéléments sont de plus en plus utilisés dans de nombreux secteurs industriels. Au travers des exemples cités ci-dessus, on constate que de nombreux développements ont été faits récemment pour améliorer l'ergonomie de la sonde et les conditions d'acquisition. Ces évolutions ont été possibles grâce aux essais réalisés grandeur nature par nos équipes sur le terrain et par une collaboration étroite avec les équipes de développement. Les sondes à roue multiéléments sont aujourd'hui une véritable solution technique, efficace, rapide à mettre en oeuvre et performante. L'essor des appareils ultrasons multiéléments portables et autonomes contribue à la diffusion de ces capteurs. Néanmoins, toutes les sondes à roue présentes sur le marché ne sont pas équivalentes aussi bien en terme de qualité de la sonde proprement dite, qu'en terme de gamme proposée comme on peut le voir sur des applications nécessitant des fréquences de 10 MHz ou des fréquences basses pour les matériaux absorbants. D'autres idées sont actuellement à l'étude pour offrir de nouvelles possibilités répondant à de nouvelles applications ●

Références

- [1] An ultrasonic array wheel probe. / Brotherhood, CJ ; Drinkwater, BW ; Freemantle, RJ.
Review of Progress in QNDE [2003]. ed. / DO Thompson ; DE Chimenti. Vol. 23
Plenum, 2004. p. 793 - 800.