

Tendances

CONTRÔLE NON DESTRUCTIF

CND PAR ULTRASONS : LE "SANS CONTACT" EST PRÊT MAIS...

■ L'échographie par ultrasons est une des méthodes les plus répandues pour détecter les défauts internes d'une pièce ou examiner l'intégrité d'une structure. La technique a largement fait ses preuves mais elle souffre d'un inconvénient : un milieu couplant est nécessaire entre les traducteurs à ultrasons et la pièce à contrôler. Depuis quelques années, des systèmes de contrôle sans contact voient le jour et tentent de s'affirmer face aux techniques traditionnelles à contact. Les développements en laboratoire se multiplient, le champ des applications potentielles s'élargit peu à peu... et quelques systèmes arrivent dans l'industrie. Malgré tout, la technologie semble avoir du mal à séduire les industriels...

Qu'il s'agisse de mesurer des vibrations, des contraintes, des dimensions... le développement de moyens de mesure "sans contact" suscite toujours le plus grand intérêt. Le contrôle non destructif n'échappe pas à la règle : l'introduction récente du contrôle ultrasonore sans contact et sans milieu couplant intéresse un nombre croissant de fournisseurs dans le domaine du CND (contrôle non destructif) et ouvre la voie à des applications qu'il n'était pas possible d'envisager avec les techniques traditionnelles. En contrôle ultrasonore "classique", les ultrasons sont générés et détectés par des traducteurs piézoélectriques couplés à la pièce inspectée par un contact direct ou à travers un milieu couplant. La pièce est donc recouverte de gel, immergée dans une cuve remplie d'eau ou encore aspergée par un jet d'eau jouant le rôle de guide d'onde... Autant de précautions qui ne facilitent pas la tâche des

utilisateurs mais qui s'avèrent indispensables compte tenu notamment de la forte atténuation des ultrasons dans l'air.

Pour s'affranchir de ces inconvénients, des laboratoires de recherche et des centres universitaires s'intéressent depuis quelques années aux systèmes de contrôle ultrasonore sans contact et sans milieu couplant. Il faut dire que la technique est séduisante : le fait de travailler sans contact autorise l'inspection de

pièces chaudes ou de géométrie complexe, ainsi qu'un contrôle en ligne. De plus, il est possible de contrôler des matériaux poreux ou hydrophobes sans craindre d'endommager les pièces ou de créer des conditions favorables au développement de la corrosion.

L'intérêt de la méthode a encouragé des fournisseurs de matériels de CND à proposer des solutions dans ce domaine. La société canadienne UltraOptec a été l'une des premières à



Fogale/Nanotech

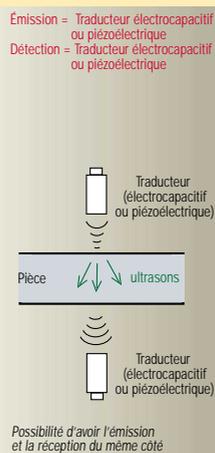
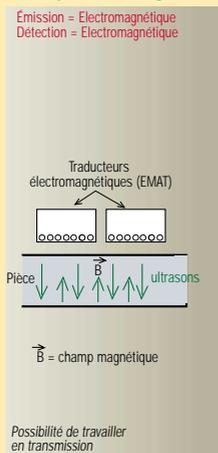
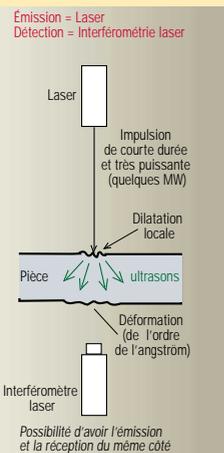
Le contrôle non destructif par ultrasons dans l'air est l'une des méthodes permettant d'inspecter une pièce à distance sans aucun couplant. Elle révèle notamment des délaminages ou des variations de densité dans les matériaux composites ou poreux.

LES MÉTHODES DE CONTRÔLE PAR ULTRASONS SANS CONTACT

Excitation : • Laser
• Traducteur électromagnétique (EMAT)
• Traducteur électrocapacitif ou piézoélectrique

Détection : • Laser
• Traducteur électromagnétique (EMAT)
• Traducteur électrocapacitif ou piézoélectrique

Exemples de configuration



s'y mettre, avec ses systèmes LUIS (Laser Ultrasonic Inspection System). L'émission et la détection des ondes ultrasonores sont assurées par des lasers. «Notre système offre la possibilité d'inspecter des structures à grande distance (jusqu'à 3 mètres), sans qu'aucun couplant ne soit nécessaire. Il permet notamment de contrôler des matériaux qu'il était impossible d'inspecter avec les techniques traditionnelles à contact, telles que des pièces de sidérurgie à température élevée», indique Paul Bouchard, directeur R&D chez UltraOptec. Le Cetim (Centre Technique des Industries Mécaniques) réalise une activité de veille et de recherche dans tous les domaines des ultrasons sans couplant. «Nous avons notamment utilisé les ultrasons laser pour détecter les fissures sur des pièces circulaires. Le laser génère des ondes de surface qui font le tour de la pièce. La déformation des signaux obtenus au cours de la rotation des ondes autour de la pièce nous permet de détecter des fissures de l'ordre de 50 µm», indique Henri Walaszek, responsable du service Contrôles Non Destructifs au Cetim.

L'aéronautique et la sidérurgie en profitent

Le principe de la génération des ultrasons est basé sur l'effet thermoélastique. Un faisceau laser pulsé (d'une puissance de l'ordre du mégawatt pendant 100 ns) crée une dilata-

tion locale à la surface de la pièce. Elle génère une onde ultrasonore qui se propage dans toute la pièce et se réfléchit sur les défauts. En revenant à la surface de la pièce, l'onde provoque une microdéformation locale (de l'ordre de l'angström, soit 10⁻¹⁰ m), que l'on détecte par interférométrie laser.

Les systèmes ultrasons laser ne manquent pas d'atraits. Ils permettent notamment de travailler dans une large gamme de fréquences, de quelques kHz à 20 MHz, et offrent un fort pouvoir de résolution spatio-temporel. «Les niveaux de sensibilité sont comparables à ceux que l'on obtient sur des traducteurs à contact», ajoute M. Bouchard (UltraOptec). Ces systèmes peuvent être utilisés en transmission ou, plus couramment, en émission-réception. La sidérurgie et l'aéronautique, qui ont beaucoup contribué au développement de la technologie, en sont aujourd'hui les principaux utilisateurs. D'autres fournisseurs de matériels de CND se sont intéressés à la génération et la détection d'ondes ultrasonores dans l'air. Afin de trouver une solution à la forte atténuation des ultrasons dans ce milieu, la société américaine QMI (représentée en France par Lescate) génère des ultrasons à basse fréquence. Ses traducteurs Airscan sont des éléments piézoélectriques que l'on place à 2 cm de la pièce étudiée. Afin d'obtenir une sensibilité suffisante, ils sont nécessairement à bande étroite

et fonctionnent autour d'une fréquence de résonance précise (généralement 400 kHz). D'autre part, ils focalisent l'onde ultrasonore pour améliorer le rapport signal/bruit. Comme pour le laser, il est possible de travailler en mode transmission ou en émission-réception. «Il est plus simple de travailler en transmission car les images obtenues sont plus ressemblantes et directement assimilables par l'opérateur. En émission-réception, on ne sait pas directement où est le défaut», indique Robert Lesné, p.-d.g. de Lescate.

Le principe est relativement simple. Lorsqu'on envoie une impulsion énergétique sur l'élément piézoélectrique, celui-ci vibre et émet une onde ultrasonore qui se propage dans l'air puis dans la pièce étudiée. Les variations de l'amplitude du signal détecté permettent alors d'obtenir une cartographie du matériau inspecté et de localiser les défauts.

Détecter les défauts des composites

Autre exemple, la société française Fogale Nanotech a développé il y a près d'un an un couple de traducteurs (l'ECT) pour le CND par ultrasons dans l'air. «En générant des ondes ultrasonores à basse fréquence (inférieure au MHz), le système n'est pas perturbé par l'atténuation des ultrasons dans l'air», indique Didier Rozière, responsable commercial chez Fogale Nanotech.

Le système ECT met en œuvre une technique capacitive. Il fonctionne comme un haut-parleur côté émission et comme un microphone côté réception. Il réalise une mesure d'atténuation et détecte la variation de l'amplitude du signal due à la présence d'un défaut. Son intérêt réside dans la possibilité de travailler dans une large gamme de fréquences, entre 50 et 500 Hz. «De plus, le positionnement des traducteurs n'est pas critique, ce qui autorise le contrôle de pièces de forme complexe», ajoute Didier Turck, directeur commercial de Metalscan (qui commercialise les capteurs de Fogale Nanotech).

Il ne s'agit pas pour autant de méthodes «universelles». L'inspection ultrasonique sans contact en air est destinée à la révélation de défauts dans les structures non métalliques (composites, structures à base de nids d'abeille, mousses, bois, etc.). Elle permet notamment de détecter les manques de matière ou les délaminages.

Les ultrasons laser et à couplage air se partagent la vedette avec une troisième méthode, mise en œuvre par la société d'études et d'ingénierie Ixtrem. Le système de CND qu'elle a récemment développé est basé sur l'utilisation d'EMAT (traducteurs magnéto-acoustiques) : un aimant générant un champ magnétique stationnaire est associé à une bobine que l'on alimente par un courant élec-

trique impulsif de quelques centaines d'ampères. Celui-ci provoque l'apparition de courants de Foucault à la surface du matériau. Leur interaction avec le champ magnétique crée alors des forces de Lorentz, donc des vibrations ultrasonores, qui se propagent dans le matériau. Du côté de la réception, c'est le phénomène inverse : les vibrations de la surface sont détectées à travers le courant qu'elles génèrent dans le bobinage. *«La méthode permet de générer aussi bien des ondes de surface que des ondes longitudinales ou transversales. Elle est donc peu sensible à l'orientation des défauts»*, souligne Eric Crescenzo, p.-d.g d'Ixtrem. Compte tenu du principe utilisé, le champ d'applications est nécessairement limité aux matériaux conducteurs électriques... du moment que l'on peut positionner le transducteur à quelques millimètres de la pièce.

Une conquête laborieuse

On le voit, les développements se multiplient et des systèmes de CND ultrasonore arrivent dans l'industrie. Malgré tout, il y a un important décalage entre ces évolutions et ce que l'on observe du côté des utilisateurs. *«On entend beaucoup parler des ultrasons sans*

contact, de nombreux développements sont réalisés en laboratoire, en université et dans l'industrie, les différentes méthodes font l'objet de nombreuses présentations lors de congrès... mais concrètement, on ne voit pas grand-chose», résume M. Rozière (Fogale Nanotech).

Pourquoi ces méthodes ne sont-elles pas plus appliquées ? Sur ce point, les avis des fournisseurs convergent. Comme souvent en milieu industriel, le conservatisme et la prudence prévalent et les utilisateurs se montrent réticents face à l'implantation de nouvelles méthodes. *«Il est toujours difficile de faire accepter une nouvelle technologie. De plus, les clients finaux ont une appréhension devant l'ultrason sans contact parce qu'ils ont essayé par le passé des systèmes qui ne fonctionnaient pas»*, explique M. Rozière (Fogale Nanotech). M. Bouchard (UltraOptec) fait la même analyse. *«C'est une technique qui a pris son envol il y a à peine une dizaine d'années et qui est très innovante. Il lui faut du temps pour être bien comprise»*.

Il faut dire aussi que l'ultrason sans contact ne concerne qu'un marché relativement restreint et des applications bien précises pour lesquelles la demande n'est pas très importante. *«Ces tech-*

niques visent essentiellement le domaine de l'aéronautique, avec l'inspection de structures en composites, de matériaux nids d'abeille ou de pièces de géométrie complexe. Elles trouvent aussi leur intérêt dans le contrôle de pièces chaudes, dans la sidérurgie. Nous testons actuellement leurs applications dans le secteur de la mécanique», souligne M. Walaszek (Cetim).

Il semble aussi que les différentes techniques manquent encore de maturité. Sur le principe, personne ne conteste leur validité. Mais dans le milieu industriel, ces méthodes de haute volée sont souvent délicates à mettre en œuvre. C'est le cas notamment de la méthode de contrôle ultrasonore par laser. *«La génération d'ondes ultrasonores par laser met en jeu des mécanismes complexes. Les ondes créées se propagent dans toutes les directions. Cette richesse est un handicap lors de l'exploitation des signaux. Elle restreint le type de matériaux sur lesquels on peut travailler, indique M. Walaszek (Cetim). De plus, si l'on souhaite générer un type d'onde particulier, il faut prendre en compte le revêtement que l'on a, la longueur d'onde du faisceau laser émis, etc.»*

La méthode peut aussi être dangereuse pour

► Quelques systèmes de CND par ultrasons sans contact présents sur le marché

Fabricant (représentant)	Fogale Nanotech	QMI (Lescate)	Ixtrem	UltraOptec
Technique employée : • Excitation • Détection	Couplage air Transducteur électrocapacitif Transducteur électrocapacitif	Couplage air Transducteur piézoélectrique Transducteur piézoélectrique	Electromagnétique Laser ou EMAT* EMAT*	Laser Laser Interférométrie laser
Fréquence	De 50 à 500 kHz	Centrée autour de 400 kHz, 1 MHz ou 2 MHz	D'une dizaine de kHz à 10 MHz (Laser/EMAT*)	De quelques kHz à 20 MHz
Applications types	Contrôle de structures aéronautiques à base de matériaux composites, nids d'abeille, bois, mousses, panneaux sandwichs, etc		Matériaux métalliques, surfaces chaudes, pièces en mouvement, etc.	Matériaux composites, sidérurgie (surtout pièces réfléchissantes), etc.
Utilisation sur : • matériaux métalliques • matériaux non métalliques	Peu adapté (sauf tôles minces) Oui	Peu adapté Oui	Oui Oui (conducteurs électriques seuls)	Oui Oui
Distance du transducteur par rapport à la pièce	De 1 cm à 15 cm	De l'ordre de 20 mm	Moins de 3 mm entre l'EMAT* et la pièce	Grande distance. En pratique, entre 1 et 3 m
Nécessité de positionner précisément la pièce	Non	Oui (à 1 ou 2 mm près)	Oui	Oui
Exemple de défauts détectés	Délaminage, variation de densité (cavités, manques de matière...), défauts de l'ordre du mm			Fissures de l'ordre du dixième de mm

* electromagneto-acoustic transducer

les opérateurs (du moins dans le cas d'une excitation par laser). Le laser impulsif étant très énergétique, il faut se garantir de toute réflexion parasite. En outre, l'opérateur doit nécessairement être qualifié pour intervenir sur ce type d'appareils. Le faisceau laser crée de plus un échauffement susceptible d'endommager les pièces inspectées... Là aussi, toutes les précautions s'imposent.

D'autre part, si la distance entre le laser et la pièce peut être très importante (jusqu'à plusieurs mètres), il faut s'assurer qu'elle reste constante, du fait que l'on focalise le faisceau émis. «*La précision sur le positionnement des pièces est gênante au niveau industriel, notamment si l'on souhaite trier des pièces à une cadence élevée*», souligne M. Walaszek (Cetim). *Même si ces techniques suscitent un intérêt grandissant, il faut encore attendre quelques années avant qu'elles ne s'implantent réellement dans l'industrie*. Enfin, le marché, relativement restreint, n'encourage pas le développement de ces systèmes et leur coût est encore élevé (les systèmes LUIS d'UltraOptec coûtent plusieurs millions de francs). «*Les avantages des ultrasons laser ne sont pas toujours évidents par rapport à des méthodes traditionnelles à contact ou jet d'eau, qui d'ailleurs se sont beaucoup affinées. On n'obtient pas une meilleure résolution*», poursuit M. Walaszek (Cetim).

Les méthodes électromagnétiques semblent plus applicables sur site mais seulement lorsqu'il est possible de maintenir une distance très faible (inférieure à 3 mm) entre le transducteur et le matériau (conducteur électrique). «*Les signaux obtenus sont d'ampli-*

tude très faible (quelques dizaines de μV). Ils sont par conséquent très sensibles aux perturbations ambiantes», ajoute M. Crescenzo (Ixtrem). Les ultrasons à couplage air sont moins encombrants que les deux systèmes précédents. Cependant, les fréquences dans lesquelles ils sont employés limitent leur champ d'application. Ils sont notamment peu adaptés au contrôle de matériaux métalliques. D'autre part, la mise en œuvre des transducteurs piézoélectriques requiert un positionnement précis des pièces, du fait que l'onde ultrasonore est focalisée. Il faut aussi porter la plus grande attention à l'inclinaison de ces transducteurs par rapport à la pièce inspectée en fonction du type de défauts que l'on souhaite observer...

Des potentialités pour l'avenir

Quelle que soit la méthode utilisée, le CND sans contact et sans milieu couplant requiert donc un haut niveau de technicité. Mais les choses risquent d'évoluer assez vite. «*Nous savons qu'il y a encore des potentialités. Nous pouvons notamment améliorer la sensibilité ou travailler sur une plus large gamme de fréquences. La technologie est au point, mais le produit lui-même peut encore évoluer*», estime M. Rozière (Fogale Nanotech). *Nous espérons aussi trouver de nouvelles niches pour élargir le marché actuel. Le "sans contact" est la technologie de demain*. M. Bouchard (UltraOptec) se montre tout aussi optimiste : «*Il y a du mouvement ! Les regards du milieu sont de plus en plus portés vers l'ultrason sans contact. D'autre part, le développement d'applications dans l'aéronautique fera naître d'autres appli-*

cations dans des industries "traditionnelles", qui pourront bénéficier des avancées techniques et de la baisse des prix des systèmes». Bien sûr, ces méthodes ne sont pas destinées à remplacer totalement les techniques traditionnelles par contact ou jet d'eau. «*L'objectif est plutôt d'ouvrir la voie à des applications qu'il n'était pas possible d'envisager avec les techniques classiques*», souligne M. Walaszek (Cetim).

Du côté des techniques électromagnétiques, la société Ixtrem se tourne vers les possibilités de coupler l'EMAT avec d'autres techniques. Elle vient notamment de développer un nouveau système rassemblant une émission par laser et une détection électromagnétique. Autant dire que l'ultrason sans contact n'a pas dit son dernier mot...

Marie-Line Zani

Où les joindre...

→ Cetim :

Tél.: 03 44 67 30 00 - Fax: 03 44 67 34 00

→ Fogale Nanotech :

Tél.: 04 66 62 05 55 - Fax: 04 66 62 71 60

→ Ixtrem :

Tél.: 03 85 93 69 52 - Fax: 03 85 93 69 17

→ Lescate :

Tél.: 01 30 76 57 76 - Fax: 01 30 76 42 16

→ Metalscan :

Tél.: 03 85 90 07 50 - Fax: 03 85 90 07 51

→ UltraOptec Inc. (Canada) :

Tél.: (00) 1 450 656 1010

<http://www.ultraoptec.com>