

NORMES AFNOR ASSOCIÉES

Normes actuellement en vigueur.

NF EN 1330-4

Essais non destructifs - Terminologie - Partie 4 : termes utilisés pour les essais par ultrasons

NF EN 16018

Essais non-destructifs - Terminologie - Termes utilisés pour le contrôle par ultrasons en multiéléments

NF EN ISO 16810

Essais non destructifs - Contrôle par ultrasons - Principes généraux

NF EN ISO 16811

Essais non destructifs - Contrôle par ultrasons - Réglage de la sensibilité et de la base de temps

NF EN ISO 16823

Essais non destructifs - Contrôle par ultrasons - Technique par transmission

NF EN ISO 16826

Essais non destructifs - Contrôle par ultrasons - Contrôle des discontinuités perpendiculaires à la surface

NF EN ISO 16827

Essais non destructifs - Contrôle par ultrasons - Caractérisation et dimensionnement des discontinuités

NF EN ISO 16828

Essais non destructifs - Contrôle par ultrasons - Technique de diffraction du temps de vol utilisée comme méthode de détection et de dimensionnement des discontinuités

NF EN ISO 2400

Essais non destructifs - Contrôle par ultrasons - Spécifications relatives au bloc d'étalonnage n° 1

NF EN ISO 7963

Essais non destructifs - Contrôle par ultrasons - Spécifications relatives au bloc d'étalonnage n° 2

NF EN 12668-1

Essais non destructifs - Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons - Partie 1 : appareils

NF EN 12668-2

Essais non destructifs - Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons - Partie 2 : traducteurs

NF EN 12668-3

Essais non destructifs - Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons - Partie 3 : équipement complet

NF EN 16392-2

Essais non destructifs - Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle multiélément par ultrasons - Partie 2 : traducteurs

EN ISO 18563-1

Essais non destructifs - Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons en multiéléments - Partie 1 : Appareils

NF EN 17635

Contrôle non destructif des assemblages soudés - Règles générales pour les matériaux métalliques (A 89-500)

ISO 5577

Non-destructive testing - Ultrasonic testing - Vocabulary

EN ISO 18563-3

Essais non destructifs - Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons en multiéléments - Partie 3 : Appareillage complet

LES MÉTHODES D'ESSAIS NON DESTRUCTIFS

ULTRASONS



↘ Le contrôle par ultrasons (ultrasonic testing en anglais), symbole UT, l'une des méthodes d'essais non destructifs les plus utilisées, se base sur l'analyse d'une onde ultrasonore s'étant propagée dans la pièce inspectée.

Texte élaboré par la COFREND en collaboration avec Anne-Marie Roy (AMRoy Consulting), Florian Le Bourdais et Pierre Calmon (CEA LIST).
Crédit photo : CEA LIST, M2M.



Edition COFREND_Mars2016



GOUVERNANCE
DIRECTION



ORGANISATION
PROFESSIONNELLE



CERTIFICATION ET
QUALIFICATION



SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE



ÉVÉNEMENTIEL
ET COMMUNICATION

Principe de fonctionnement

Le principe du contrôle par ultrasons consiste à émettre et faire se propager une onde ultrasonore dans la pièce à inspecter puis à recueillir et analyser l'onde à l'issue de son interaction avec le matériau. Sur la base de ce principe très général, de nombreuses techniques spécifiques existent, suivant que le contrôle est effectué en transmission ou bien en réflexion, suivant que les dispositifs en émission et en réception sont confondus ou non, suivant le type et l'inclinaison des ondes ultrasonores utilisées etc.

La modalité de contrôle la plus répandue, dite en réflexion, (« pulse echo » en anglais), est comparable à l'échographie médicale. L'émetteur et le récepteur (confondus ou non) sont positionnés du même côté de la pièce. Le récepteur recueille les échos engendrés par réflexion ou diffraction sur les obstacles rencontrés par l'onde, tels que les défauts, les interfaces entre les matériaux ou encore la surface de la pièce.

Les dispositifs émetteurs et récepteurs, dits « transducteurs ultrasonores », sont en général basés sur l'effet piézo-électrique. L'élément principal, le transducteur, est constitué d'une pastille piézo-électrique convertissant un signal électrique en vibration mécanique et inversement.

Une évolution majeure dans le domaine des contrôles par ultrasons a été la progression des techniques multiéléments utilisant des réseaux de transducteurs piézo-électriques pilotés électroniquement à la réception ou à l'émission. Cette technologie aujourd'hui couramment utilisée permet d'adapter les caractéristiques de l'onde émise, en particulier sa focalisation ou son inclinaison, en appliquant aux différents éléments des retards électroniques calculés en fonction de l'objectif visé. Une région de l'espace peut être ainsi balayée ou le faisceau ultrasonore peut être ainsi focalisé dans le matériau à différentes profondeurs, à l'aide d'un même transducteur.

La fréquence des ondes ultrasonores utilisées varie en fonction des matériaux et des applications sur une gamme qui s'étend environ de 100 kHz à 20 MHz. Le choix de la fréquence résulte d'un compromis, entre résolution spatiale (d'autant meilleure que la fréquence est élevée) et pouvoir de pénétration (qui décroît avec la fréquence en raison du phénomène d'atténuation). Le contrôle d'une pièce en acier s'effectue typiquement à des fréquences variant entre 1 et 5 MHz.

Mode d'examen

Dans la configuration dite en réflexion, la plus commune, l'inspection d'une pièce consiste à déplacer un transducteur ultrasonore, jouant les rôles d'émetteur et de récepteur, sur ou au-dessus de la surface et à collecter puis analyser les signaux reçus.

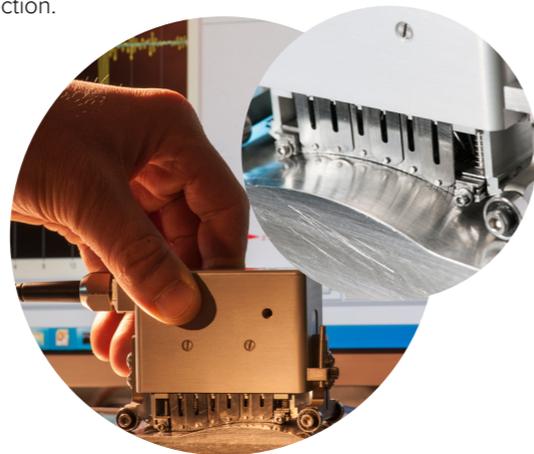
Plusieurs techniques de contrôles existent :

- Les contrôles au contact, pour lesquels le transducteur ultrasonore est positionné sur la surface de la pièce avec utilisation d'un couplant ;
- Les contrôles en immersion, le transducteur étant alors déplacé à une certaine distance de la pièce dans un milieu liquide, en général de l'eau ;
- Les contrôles manuels, pour lesquels le déplacement du transducteur est effectué par un opérateur et les contrôles automatisés.

Le choix du transducteur, de ses dimensions, de la fréquence des ondes qu'il fournit, de l'application de réglages spécifiques (lois de retards pour les multiéléments) détermine les caractéristiques du faisceau ultrasonore transmis dans la pièce et, par voie de conséquence, la sensibilité et la résolution spatiale du contrôle. Aujourd'hui, la modélisation est couramment utilisée en phase de conception pour estimer ces caractéristiques.

Le diagnostic s'effectue à partir de l'analyse des signaux reçus, la présence d'un défaut se signalant par la réception d'échos provenant de la réflexion ou de la diffraction du faisceau incident. Le temps de vol, c'est-à-dire le temps séparant la réception de l'écho de l'excitation de l'émetteur, informe sur la localisation du défaut tandis que l'amplitude est utilisée pour la détection. La fenêtre d'acquisition temporelle est ainsi définie en fonction de la région de la pièce dans laquelle les défauts sont recherchés.

Suivant l'application, le diagnostic peut s'appuyer sur un simple dépassement d'un seuil en amplitude lors du déplacement du capteur ou bien faire intervenir une analyse plus poussée d'images échographiques de la région inspectée. On parle de représentations de type B-Scan, C-Scan, etc. Les amplitudes mesurées sont toujours des amplitudes relatives à une référence. Un contrôle par ultrasons comporte toujours une phase de calibration sur des maquettes contenant des réflecteurs de référence à partir de laquelle sont notamment définis les seuils de détection.



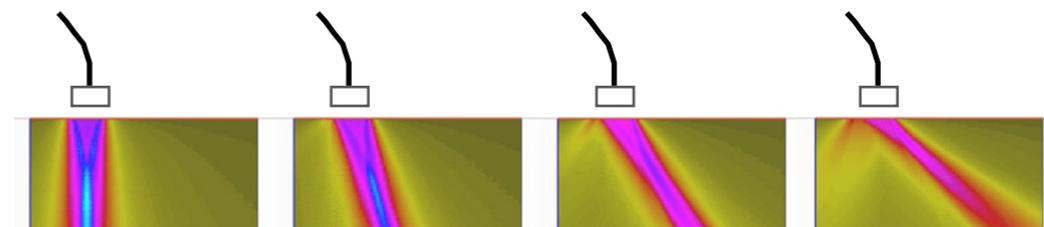
Domaines d'application



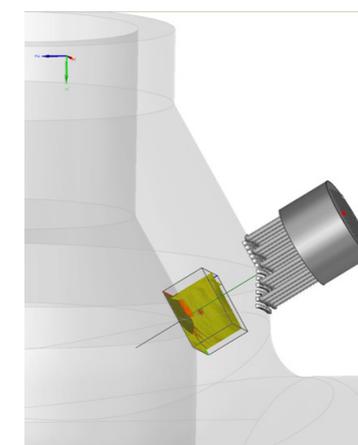
Le contrôle par ultrasons est l'une des méthodes d'END les plus largement utilisées aujourd'hui. Méthode large spectre, elle peut s'appliquer à de nombreux matériaux et s'adapter à différentes géométries. Elle peut être utilisée pour la détection de tout défaut se traduisant par une discontinuité des propriétés mécaniques (fissure, inclusion, porosité, etc.). Parmi les très nombreuses applications, citons la recherche de fissures dans les matériaux métalliques, le contrôle des soudures, le contrôle des matériaux composites, en particulier pour l'aéronautique, la recherche de porosités, etc. A côté de la détection de défauts, les ultrasons sont également utilisés pour de l'analyse dimensionnelle (mesure d'épaisseur), le tri et la caractérisation de matériaux (identification de nuances d'acier) ou la caractérisation de traitements de surface (traitements thermiques par exemple).

INTÉRÊTS DE LA MÉTHODE

- Méthode de volume : la pénétration des ultrasons permet d'ausculter les matériaux sur des profondeurs importantes ;
- Grande sensibilité sur une large gamme de dimensions de défauts et de pièces en jouant sur les paramètres de la méthode (telle que la fréquence utilisée) ;
- Diagnostics et évaluation des performances de la méthode quantitatifs. Nombreux outils de modélisation disponibles à cet effet ;
- Adaptabilité des méthodes aux matériaux et aux géométries des pièces. Applicabilité à la plupart des matériaux, métalliques ou composites ;
- Richesse de l'information fournie : possibilité de localiser les défauts avec précision, de dimensionner les défauts, et d'imager la région inspectée ;
- Disponibilité de techniques multiéléments démultipliant les performances des ultrasons conventionnels ;
- Rapidité et simplicité de mise en œuvre ;
- Méthode ne nécessitant l'accès à la pièce que d'un seul côté ;
- Absence d'inconvénient chimique ou radiologique ;
- Les ultrasons font l'objet d'une R&D active et d'innovations technologiques en continu.



Application des capteurs ultrasonores multiéléments
Image des faisceaux ultrasonores transmis par un transducteur multiéléments fonctionnant en mode balayage angulaire (résultats de simulation)



Conception d'une méthode d'inspection robotisée en laboratoire