
Technique N°6 : Ultrasons

Objectifs Spécifiques

- Connaître le principe, les bases théoriques d'ultrasons et son instrumentation
- Utiliser les méthodes de traitement du signal (filtrage, localisation, caractérisation des mécanismes d'endommagement...)
- 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

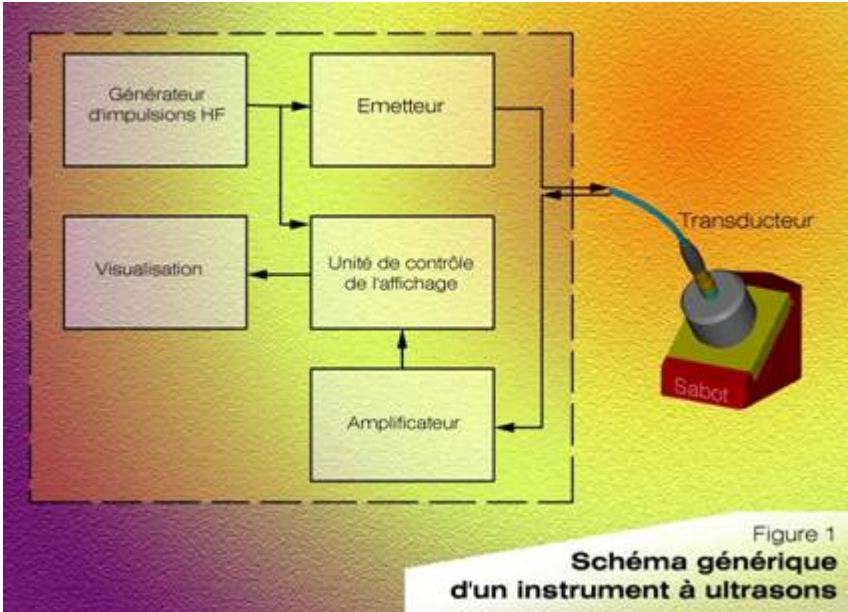
Le contrôle par ultrasons est une méthode d'examen relativement récente. Les premières applications industrielles ont été réalisées, à titre expérimental la veille de la seconde guerre mondiale, soit vers 1935. En raison de la lente évolution des matériels de contrôle tributaires des progrès de l'électronique, le développement du contrôle par ultrasons n'apparut qu'à partir de 1955 environ.

Depuis, cette méthode de contrôle constitue un puissant outil d'investigation. Elle présente à l'heure actuelle un vaste champ d'application qui s'étend aux matériaux métalliques, plastiques ou composites et aux milieux à structure hétérogène tels les bétons. Cette méthode d'examen s'applique alors : aux produits moulés, aux produits forgés, aux produits laminés (tôles, rails), aux produits étirés (tubes, ronds,...), aux assemblages soudés, brasés ou collés.. Le contrôle par ultrasons permet de détecter des manques ou des discontinuités de la matière dans des produits à l'état d'ébauche ou fini quel que soit le mode d'élaboration de ceux-ci.

Toutefois, la propriété que possèdent les ultrasons est de se propager sur des distances de plusieurs décimètres, voire de plusieurs mètres. De ce fait, il est possible de détecter des défauts de faible importance dans des pièces dont l'épaisseur n'en permettrait pas le contrôle radiologique. En ce sens, le contrôle par ultrasons permet de mesurer les épaisseurs de parois dont l'une des faces est inaccessible. En continuation de la gamme sonore, les ultrasons correspondent à des fréquences oscillatoires supérieures à la limite d'audibilité humaine et s'étendant dans une large gamme allant de 15 kHz à plus de 100 kHz

Principe physique

Un instrument fonctionnant en mode pulsation écho consiste en un écran de visualisation, un émetteur et un amplificateur, avec en général une alimentation indépendante. Le fonctionnement sera expliqué d’une façon schématique (schémas blocs),



sans trop détailler l'électronique des circuits. Celle ci figure sur les données techniques fournies par le fabricant de l'appareil en général. Les appareils fonctionnant en mode pulsation – écho associés à des capteurs piézoélectriques sont les types de capteur le plus répandu en pratique de l'ultrason. La pulsation électrique de l'émetteur est véhiculée au capteur à travers un câble. Suite à quoi le transducteur fournit une onde mécanique qui se propagera dans le corps sous épreuve. A la rencontre d'un changement de milieu, l'onde se réfléchit produisant un écho. Celui – ci remonte au transducteur qui le traduit en impulsion électrique. L'impulsion est ensuite amplifiée et visualisée.

□□□□□□□□□□□□□□□□ Itra □

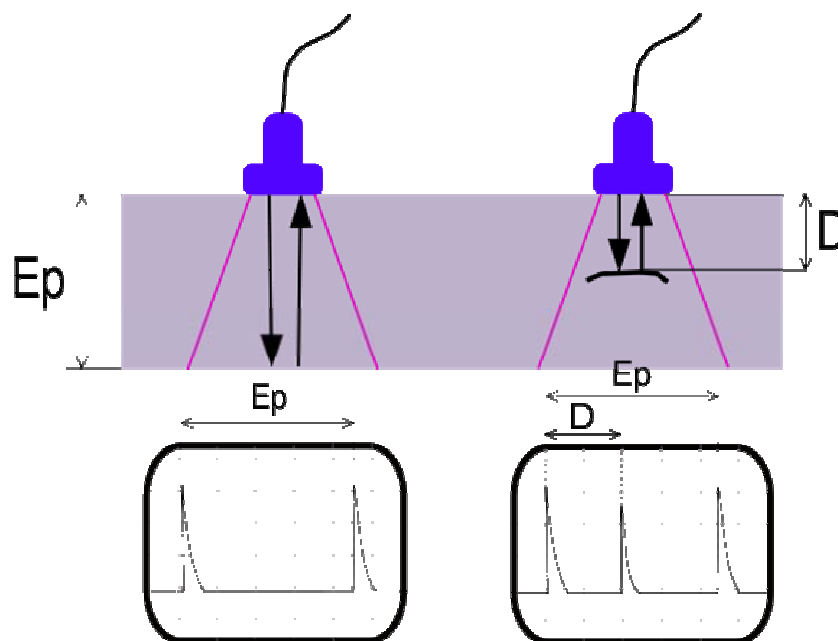
Le contrôle par ultrasons est une méthode de contrôle non destructif permettant la détection de défaut à l'intérieur d'un matériau. Le contrôle par ultrasons est basé sur la transmission et la réflexion d'onde de type ultrasons à l'intérieur d'un matériau.

Une onde ultrasons est émise par un palpeur placé sur la surface du matériau à contrôler et se propage dans le matériau. Il existe des méthodes par contact (le palpeur est

en contact avec la pièce) ou par immersion (la pièce et le palpeur sont immergés dans de l'eau). Dans le cas de la méthode par contact, il est nécessaire d'ajouter un couplant (eau ou gel) entre le palpeur et la pièce pour assurer la transmission des ondes. Lorsque ces ultrasons rencontrent une interface délimitant deux milieux ayant des impédances acoustiques différentes, il y a réflexion. Les ultrasons réfléchis sont captés par un palpeur (qui peut être le même que l'émetteur). Il y a création d'un « écho ». Dans le cas d'une pièce comportant deux surfaces, la détection de défaut se fait en comparant le temps mis pour faire un aller retour dans l'épaisseur de la pièce et le temps mis pour la réflexion sur un défaut. D'un point de vue pratique, on utilise un écran d'oscilloscope. Les échos sont représentés par des pics sur l'écran.

Principe du contrôle par ultrasons : exemple du contrôle d'une tôle.

- L'écran de l'oscilloscope montre un pic d'entrée à gauche et un pic de sortie à droite. La distance entre les deux pics correspond à l'épaisseur de la tôle.
- Le palpeur émet au dessus d'un défaut, il y apparition d'un pic correspondant au défaut. La position relative du pic créé par le défaut permet de connaître sa profondeur.



Principe physique du contrôle par ultrasons : Types d'ondes ultrasonores :

Plusieurs types d'ondes ultrasonores sont susceptibles de se propager dans les milieux solides. Ces ondes se différencient les unes des autres par :

- la forme et la direction des trajectoires qu'elles impriment aux particules du matériau dans lequel elles se propagent,
- la vitesse de propagation ou célérité,
- la distance à laquelle elles sont susceptibles de se propager dans le matériau.

On distingue quatre types d'ondes ultrasonores : les ondes longitudinales ou de compression, les ondes transversales ou de cisaillement, les ondes de surfaces ou de RAYLEIGH et les ondes LAMB ou de plaque.

Milieux		Matériaux	Ondes longitudinales (m.s-1)	Ondes transversales (m.s-1)
Gazeux		Air	332	
Liquides		Eau	1480	
		Huile	1440	
Solides	Matière plastique	Plexiglass	2680	1320
	Métaux	Aluminium	6400	3130
		Magnésium	5740	3080
		Titane	5990	3210
		Zirconium	4650	2300
		Fer	5950	3220
		Acier doux	5900	3200
		Acier inox	5740	3130
		Cuivre	4760	2325

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des impédances acoustiques pour les principaux milieux qui peuvent être pris en considération lors des contrôles industriels.

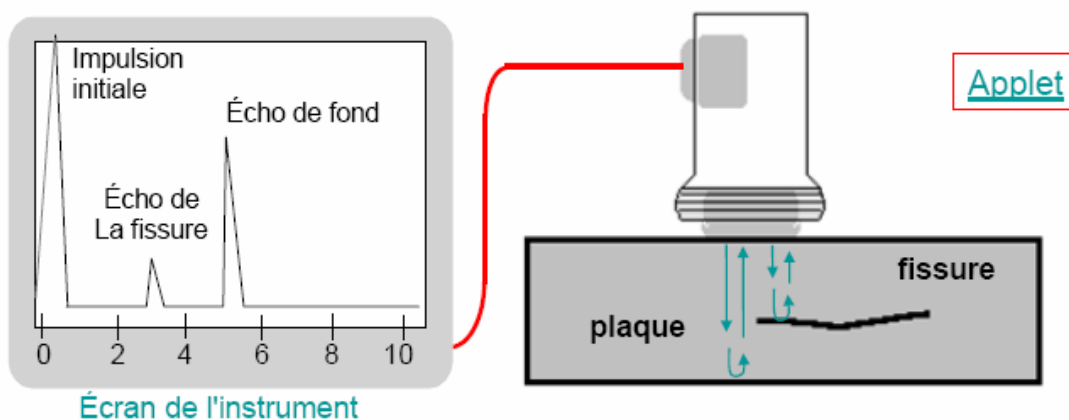
Matériaux	Vitesse des ondes longitudinales en m s-1	Vitesse des ondes transversales en m s-1	Masse volumiques (kg m-3)	Impédance acoustiques (p VL) (Pa s m-3)
Air	330		1,205	00004.106
Eau	1480		1000	1.48.106
Aluminium	6400	3130	2700	17.28.106
Acier doux	5900	3200	7850	46.31.106

Détection des défauts :

La détection des défauts internes par ultrasons est très pratiquée en contrôle de fabrication, en contrôle de recette, en surveillance de structure en service ainsi qu'en maintenance. Le contrôle par ultrasons est une méthode de contrôle original à cause de sa remarquable sensibilité de l'échographie ultrasonore à moindre discontinuité ou hétérogénéité interne dans les matériaux, en particulier métallique. Toutefois, en échographie ultrasonore, le choix des paramètres de sondage et l'interprétation des signaux recueillis ne sont pas toujours aisés et requièrent l'intervention d'un personnel spécialement qualifié.

Localisation des défauts en profondeur : elle est aisée lorsqu'on travaille en échographie. Il existe toutefois une zone sous la surface de couplage pour laquelle l'écho de défaut peut être noyé dans l'écho d'émission ou d'interface, ce qui peut rendre à la fois la détection et la localisation aléatoires. La localisation en plan se fera en relation avec le relevé manuel de la position du palpeur.

- Le même transducteur émet une impulsion ultrasonore et recueille les échos réfléchis par la pièce
- Toute discontinuité dans le trajet des ultrasons résulte en la réflexion d'un écho
- L'amplitude de l'écho est une indication de la taille de la discontinuité alors que le délai d'arrivée nous informe sur sa profondeur



Dimensionnement des défauts : il présente une préoccupation légitime du contrôleur en vue de les relier à des critères de nocivité technologique faisant en général l'objet d'une procédure normalisée ou spécifique. C'est un problème délicat auquel on peut toutefois donner des solutions pratiques simples. Deux cas se présentent en théorie, selon que le champ du palpeur est censé être supérieur ou inférieur à la dimension moyenne du défaut.

Dans le premier cas, tout le défaut est éclairé par le faisceau et l'on peut relier l'amplitude de l'écho de retour à la dimension du défaut à l'aide de diagrammes. Cette méthode, appelée méthode AVG, est intéressante mais délicate d'emploi, surtout lorsque le défaut à dimensionner présente une orientation et une morphologie très éloignées des cas théoriques.

Lorsque le défaut est plus grand que le faisceau, ce que l'on peut parfois volontairement obtenir en utilisant l'étroit champ d'un palpeur focalisé, on trace son contour apparent, soit en repérant et en quantifiant le basculement entre écho de fond et écho de défaut, soit en utilisant la règle « des -6 dB » qui prend en compte un rapport $\frac{1}{2}$ entre l'amplitude maximale de l'écho de défaut et celle obtenue lorsque les bords du défaut occultent environ à moitié la section du faisceau ultrasonore.

Illustrations

Etape	Illustration de l'étape	Commentaire
01		Configuration de l'appareil, choix de la vitesse, de la plage de mesure...

02



Etalonnage de l'instrument avec un bloc normalisé.

03



Ajustement final des paramètres pour obtention d'un bon échographe

04



Etalonnage effectué

05



Pratique du contrôle

Détecteur de défauts portatif



R/D Tech OmniScan

GE USD 30

Panametrics Epoch 4