

# Le contrôle non destructif par ultrasons

## PRINCIPE

Méthode non-invasive de détection de défauts dans une pièce, basée sur l'émission d'ultrasons et la détection de leur réflexion liée aux interfaces acoustiques rencontrées.

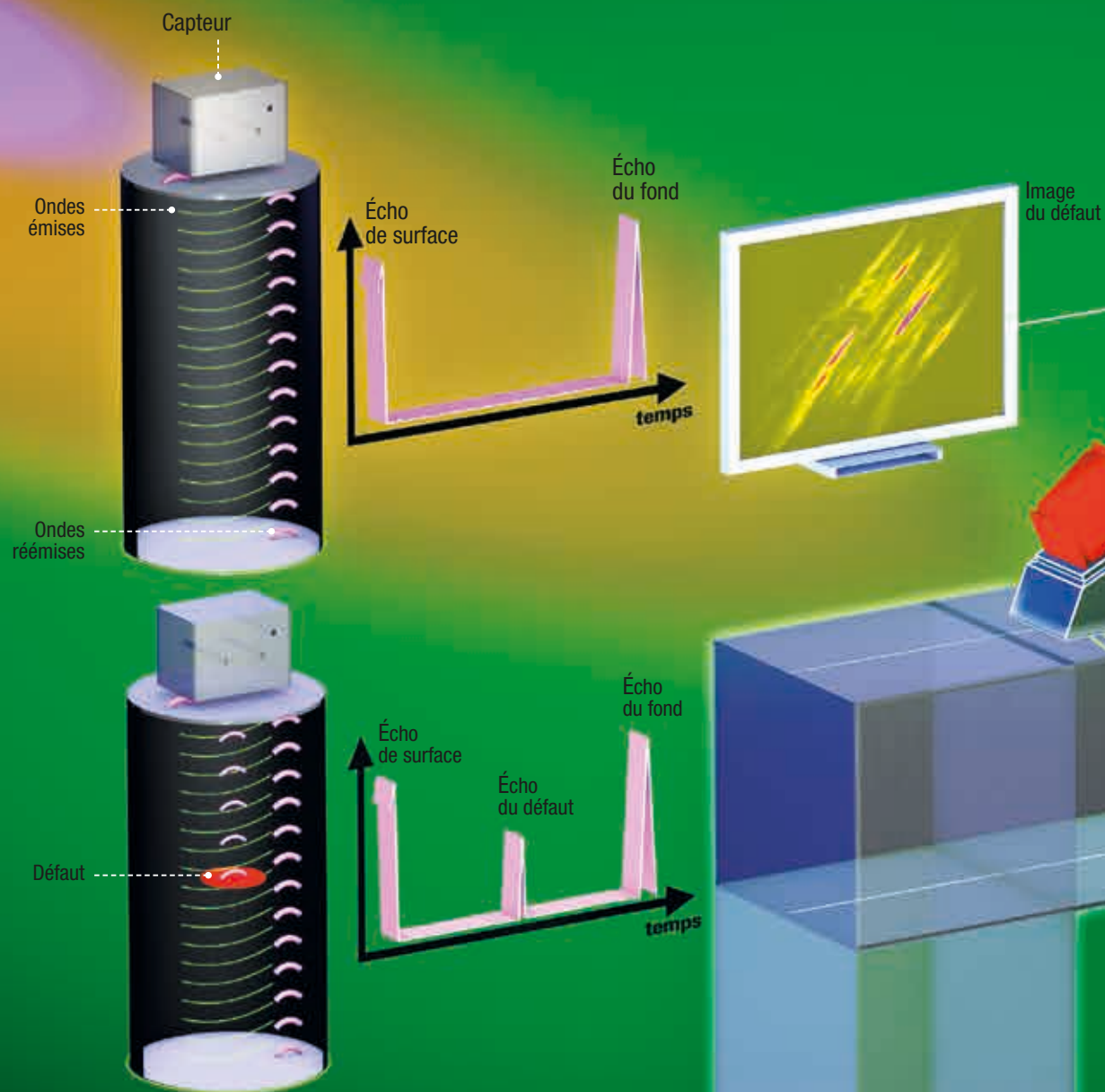
### Émission

Un capteur équipé d'éléments piézo-électriques émet des ultrasons à une fréquence (entre 500 kHz et 100 MHz) choisie en fonction de la nature de la pièce à contrôler. Il doit être en contact direct avec la pièce pour que les ondes propagées ne soient pas freinées par l'impédance de l'air entre les deux ; en immersion dans de l'eau qui est un bon conducteur acoustique. Grâce au pilotage électronique de l'orientation et des caractéristiques du faisceau ultrasonore, la technologie multi-éléments est adaptée au contrôle de pièces à géométries complexes.

### Réflexion

Les ondes se réfléchissent sur les interfaces acoustiques rencontrées : contours de la pièce, défauts intérieurs voire grains des matériaux. Selon la loi de Snell-Descartes, la réflexion observe un angle particulier.

Les ondes subissent également d'autres phénomènes au cours de leur propagation dans la matière (diffraction, atténuation...).



### Détection

Le capteur, placé au contact de la pièce à inspecter, évolue suivant une trajectoire calculée pour intercepter les ondes réémises par un éventuel défaut.

Lors d'une inspection à l'aveugle d'une pièce, le capteur est déplacé en surface pour explorer un grand volume de matériau. Le pilotage électronique, et non mécanique, des capteurs multi-éléments permet de réaliser des inspections à grande vitesse (cas du balayage angulaire des échographies médicales).

### Visualisation

Les ondes détectées sont converties en signaux par l'électronique associée du capteur. Un logiciel assemble ces signaux pour former une image de l'intérieur de la pièce. L'analyse des images permet de discriminer les échos dus à un défaut de ceux liés à la géométrie de la pièce.

## Les mots du TOUT S'EXPLIQUE



### Ultrasons

Ondes acoustiques comprises entre 20 kHz et 10 GHz. Fréquences trop élevées et aiguës pour être perçues par l'oreille humaine (ondes audibles entre 20 et 20 kHz), d'où leur nom.

### Piézoélectrique

Propriété de dilatation et de contraction d'un élément, aux extrémités duquel est appliqué un différentiel de potentiel électrique, qui engendre des ondes acoustiques.

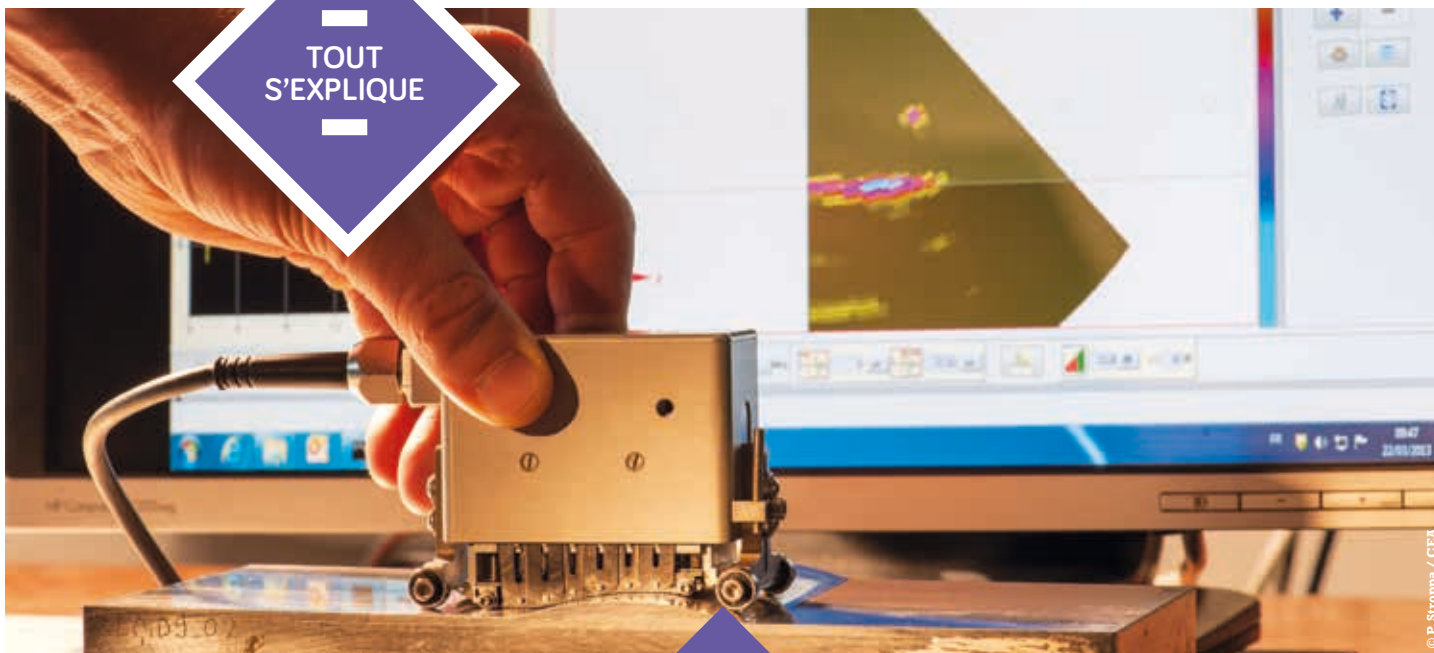
### Impédance

Résistance d'un milieu au passage d'une onde. Les ondes acoustiques se propagent dans l'air à 340 m/s ; dans l'eau, à 1 500 m/s ; dans l'acier, à 5 900 m/s. Plus la différence d'impédance est faible entre les milieux, mieux l'onde est transmise.

### Loi de Snell-Descartes

Loi d'optique utilisée en acoustique géométrique pour décrire le comportement d'une onde à l'interface entre deux milieux.

TOUT  
S'EXPLIQUE



© P. Scropps / CEA

## DÉFIS

Optimiser la conception des capteurs ; choisir la fréquence adaptée aux matériaux contrôlés ; atténuer les échos parasites provenant de la pièce ; calculer les trajectoires de contrôle optimales... Pour relever ces défis du contrôle non destructif par ultrasons, les chercheurs ont notamment recours à la simulation numérique.

## Les recherches continuent

### Des équipements high-tech

Le CEA-List s'est doté de Gerim, plateforme d'équipements très innovants pour le contrôle non destructif (CND). Il s'agit de développer, avec les partenaires académiques et industriels, de nouvelles méthodes d'inspection : génération d'ultrasons par laser, tomographie par rayons X robotisée, méthodes électromagnéto-acoustiques (EMAT). Grâce aux techniques d'imagerie adaptatives qui intègrent en temps réel les données acquises sur la géométrie de la pièce à contrôler, les chercheurs peuvent ainsi adapter les tirs ultrasonores et les traitements qui leur sont appliqués.

### L'outil de simulation CIVA

Incontournable pour concevoir les capteurs, qualifier les méthodes d'inspection en CND et analyser les résultats, la simulation repose sur une exploitation intensive de différents codes numériques. Le CEA-List a développé depuis plusieurs années le logiciel CIVA. Basé sur la mise en œuvre de modèles hybrides couplant calculs semi-analytiques rapides et méthodes numériques, il permet de prendre en compte des phénomènes très complexes tout en maintenant des temps de calcul et une facilité d'utilisation compatibles avec les applications visées.

## Transferts industriels

Les développements du CEA-List en matière de CND par ultrasons donnent lieu à des transferts technologiques, que cela soit *via* des sociétés existantes ou par la création de start-up ou de spin-off.

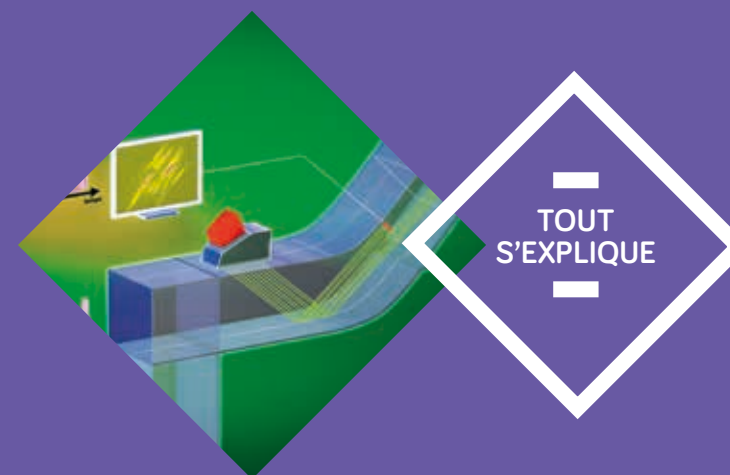
**Imasonic** : PME française fondée dans les années 1990, leader mondial dans la conception et la fabrication de transducteurs à ultrasons, avec laquelle le CEA-List travaille pour développer des capteurs multi-éléments conformables.

**M2M** : entreprise française qui développe et fabrique, depuis 2003, des chaînes de CND par ultrasons, valorisant notamment les technologies du CEA-List avec qui elle continue de collaborer.

**Extende** : société française créée en 2010 par le CEA-List et Cédrat, afin de commercialiser dans le monde entier, et former des utilisateurs du logiciel CIVA de simulation et d'analyse en CND développé au CEA-List.

www.groupeorangevif.fr

les défis 200  
du cea



# Le contrôle non destructif par ultrasons

Grâce à eux, les dauphins perçoivent leur environnement, les médecins réalisent des échographies...

Les ultrasons sont également utilisés pour le contrôle non destructif (CND) de pièces industrielles, dans leur volume ou en surface, sans nuire à leur intégrité. Cela consiste à émettre des ondes acoustiques et à détecter leurs interactions avec des défauts présents dans la pièce. Les ondes réémises, tel un écho, sont alors converties, en temps réel, en une image numérique du défaut ainsi localisé et caractérisé.

## ENJEU SOCIÉTAL

Contrôler, sans les altérer, des pièces en sortie d'usinage ou lors de maintenance, pour détecter des défauts dans des matériaux, effectuer des mesures de corrosion, vérifier la conformité des soudures, etc. Tels sont les enjeux du CND par ultrasons qui innove depuis une dizaine d'années avec le développement, notamment au CEA, des techniques de détection « multi-éléments ».

Il peut ainsi se déployer dans des milieux industriels complexes, comme le nucléaire, l'aéronautique ou la pétrochimie, dont la qualité et la sûreté des infrastructures constituent des enjeux majeurs.

Le CND est l'une des composantes du « *manufacturing avancé* », technologie générique clé destinée à mettre en œuvre l'industrie du futur.