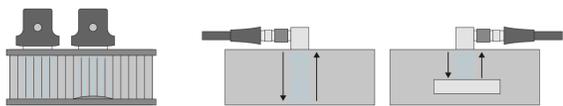


## Comprendre la technologie d'inspection par vibrations acoustiques des matériaux composites

### Questions les plus fréquentes sur le sujet

#### Est-ce que l'inspection par vibrations acoustiques s'effectue de la même façon que l'inspection par ultrasons ?

Non ! L'inspection par ultrasons utilise des impulsions ultrasonores inaudibles à l'oreille humaine et qui ne peuvent pas voyager dans l'air. L'inspection par vibrations acoustiques, quant à elle, utilise des impulsions acoustiques audibles et qui peuvent voyager dans l'air.



#### Quels sont les matériaux fréquemment inspectés à l'aide de cette technologie ?

Les composites à nid-d'abeilles, les polymères armés de fibre de carbone, la fibre de verre et les collages métal sur métal.



#### Où retrouve-t-on ces matériaux généralement ?

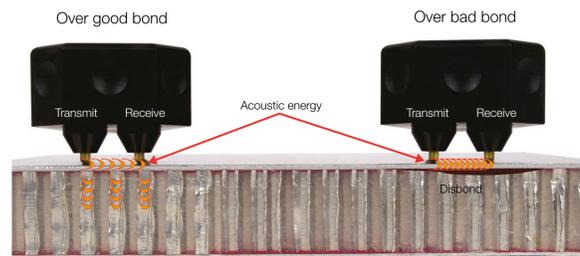
Ces matériaux sont fréquemment utilisés pour la construction d'avions, de trains, de véhicules de haute performance et de bateaux de plaisance.

### Les six méthodes d'inspection

#### Méthode à émission-réception séparées

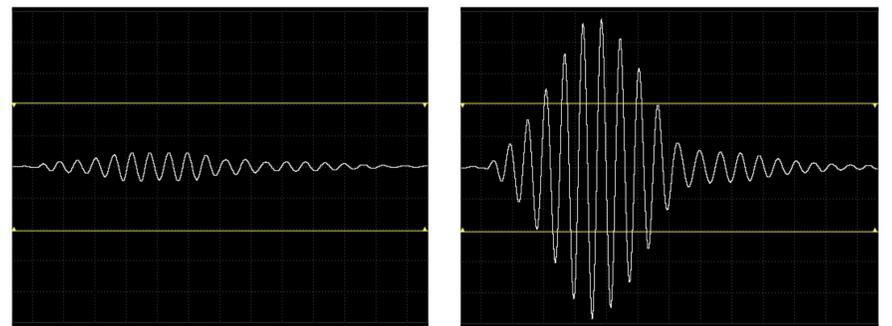
Ce mode d'inspection requiert une sonde acoustique à émission-réception séparées, à contact ponctuel et à couplage sec. Selon cette méthode, un premier élément émet une impulsion acoustique dans la pièce inspectée et un second élément reçoit le son propagé dans la pièce entre les éléments de la sonde. La qualité du collage du matériau influence les caractéristiques de l'énergie acoustique transmise entre les deux extrémités de la sonde. Ces caractéristiques peuvent être interprétées comme des changements de phase et d'amplitude.

Si le collage est de bonne qualité, une partie de l'énergie acoustique est atténuée par la structure située sous la surface inspectée, ce qui abaisse l'amplitude du signal affichée sur l'appareil. Si le collage est de mauvaise qualité (décollement), la structure collée crée très peu d'atténuation ou d'amortissement dans l'onde acoustique qui voyage entre l'élément émetteur et l'élément récepteur. Par conséquent, une amplitude de signal plus élevée s'affiche sur l'appareil. En mode à émission-réception séparées, l'utilisateur peut choisir entre trois méthodes d'inspection différentes : RF, par impulsion et par balayage.



#### Méthode à émission-réception séparées RF

Avec la méthode à émission-réception séparées RF, le signal reçu contourne un détecteur d'enveloppe. L'inspection est effectuée selon une fréquence fixe, définie dans le processus de configuration. La fréquence est sélectionnée pour assurer un déplacement maximal en flexion selon l'épaisseur de la couche et le type de matériau. Une porte temporelle variable sert à sélectionner le cycle d'impulsion reçu qui présente le changement d'amplitude le plus important lorsque la sonde est déplacée d'une zone collée vers une zone décollée. Résultat : l'amplitude mesurée est supérieure au-dessus du décollement, puisque le mouvement de la plaque ou de la couche est restreint sur un joint collé et que l'énergie se perd dans le matériau situé après le joint.

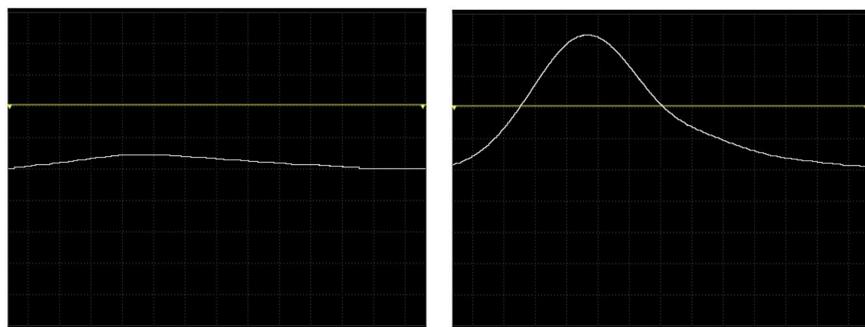


Signal RF sur matériau collé

Signal RF sur matériau décollé

#### Méthode à émission-réception séparées par impulsion

Cette méthode fait appel à la même technologie que la méthode RF, sauf que le signal reçu est transmis à un détecteur d'enveloppe. Ce détecteur crée une enveloppe qui se traduit par un signal plus lisse. La différence d'amplitude ou de phase permet de discriminer un bon collage d'un mauvais collage. Comme pour la méthode RF, l'utilisateur place une porte à l'emplacement du temps optimal le long du signal pour contrôler la réponse du signal reçu le plus influencé par le défaut.



Signal d'impulsion sur matériau collé

Signal d'impulsion sur matériau décollé

#### Méthode à émission-réception séparées par balayage

La fréquence est balayée sur une étendue de valeurs et crée un affichage en coordonnées polaires qui est plus large dans le cas d'un matériau décollé. L'affichage en coordonnées polaires représente les composants d'amplitude et de phase du signal parmi l'étendue de fréquences. L'un des avantages notables de cette méthode est que l'effet de l'entrefer est distinct du signal de décollement. Contrairement aux méthodes RF ou par impulsion, la fréquence n'est pas constante en mode de balayage. L'inspection est plutôt effectuée en utilisant un balayage de fréquence défini et à un taux de récurrence défini.

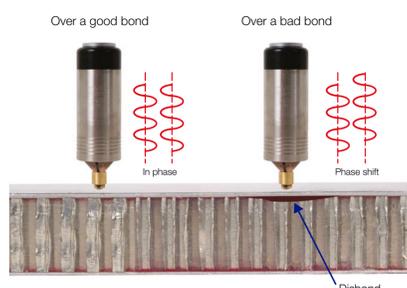
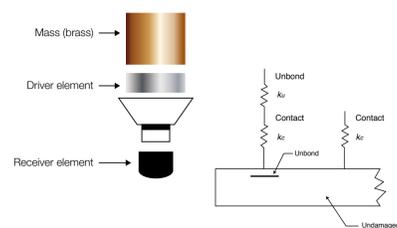
Pour activer l'élément transmetteur, la méthode à émission-réception séparées par balayage utilise des fréquences comprises entre 5 kHz et 100 kHz. L'énergie voyage sous forme d'ondes guidées (ou onde de Lamb) dans toute la pièce inspectée entre les deux extrémités de la sonde. Les signaux de retour sont détectés et un affichage de phase-amplitude montre l'effet des bons ou des mauvais collages sur le trajet sonore. La fréquence balayée présente un motif circulaire avec quelques boucles de résonance mineures, idéal pour une âme en aluminium conique.



#### Méthode MIA

La méthode d'inspection MIA (*mechanical impedance analysis*, ou analyse d'impédance mécanique) utilise une sonde à émission-réception séparées à une seule extrémité. Un élément émetteur génère des ondes acoustiques audibles tandis qu'un élément récepteur détecte l'effet des variations dans le collage de la pièce inspectée sur la l'impédance acoustique vue par la sonde. Au moment de la configuration, la fréquence d'excitation est balayée entre 2 kHz et 50 kHz pour établir la fréquence d'inspection optimale. L'inspection est ensuite effectuée à une fréquence fixe. Cette méthode se contente d'une zone de contact restreinte et ne requiert aucun couplant. Elle est adaptée aux surfaces irrégulières ou courbes. Elle donne de bons résultats pour les décollements, les renforts écrasés et les défauts situés à l'intérieur des structures en composite. Cette méthode peut servir aux balayages mécaniques ou continus par l'application d'une charge élastique par ressort ou d'une pression constante sur l'extrémité de la sonde.

La charge sur l'élément récepteur situé dans le bas de la sonde est influencée par la rigidité variable de la pièce, selon que le matériau de la zone inspectée est collé (charge élevée) ou décollé (charge faible). Développé par P. Cawley, le modèle à ressort décrit l'impédance mesurée à l'extrémité du ressort et permet d'établir que la rigidité au-dessus d'un décollement correspond à la différence entre la rigidité de contact et celle du défaut lui-même. Sur un matériau composite présentant un collage de bonne qualité, la rigidité du ressort est égale à la rigidité de contact. Comme les mesures sont effectuées par comparaison des rigidités, la qualité des résultats est optimale sur les structures rigides, car dans le cas des composites flexibles, les surfaces collées ou décollées présentent des changements de moindre importance. La rigidité du défaut dépend de la taille et de l'épaisseur du décollement. Etant donné que l'impédance varie en fonction de la fréquence, il est essentiel de choisir la bonne fréquence d'inspection pour obtenir des résultats précis.



#### Méthode par résonance

La sonde à contact ultrasonore est utilisée à sa fréquence de résonance et placée sur la pièce avec du couplant.

Les changements dans l'impédance électrique du capteur sont analysés pour trouver les décollements. Cette méthode fonctionne bien pour un grand nombre de matériaux décollés et délimités. Bien souvent, la profondeur du décollement peut être estimée à partir de la rotation de la phase du signal. Cette inspection requiert l'utilisation de couplant liquide et de sondes particulières, ce qui peut en limiter ou en compliquer l'application.

La méthode par résonance utilise des sondes à contact ultrasonore spéciales à bande passante étroite. La méthode s'appuie sur le changement d'impédance de la sonde à ultrasons à forte résonance (facteur de qualité Q élevé) lors de son couplage acoustique au matériau. L'impédance électrique de la sonde est influencée par l'impédance acoustique de la pièce inspectée et, justement, l'impédance acoustique d'un matériau composite donné est modifiée par tout type de décollement.

