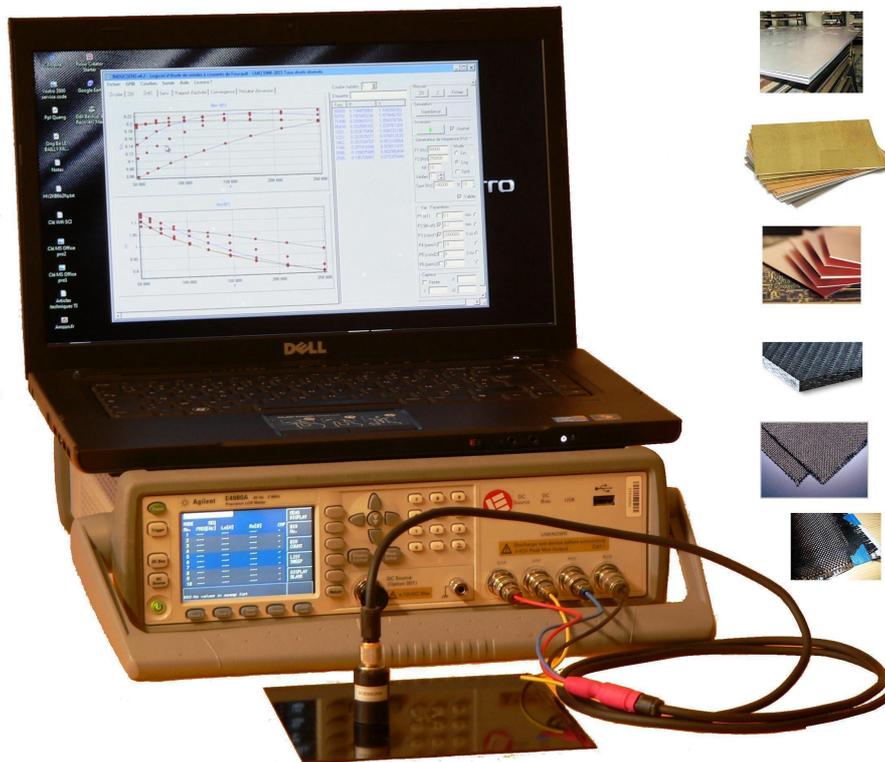


CONDUSENS™



Titane

Aluminium

Cuivre

Graphite

Matériaux
composites
à fibres de
carbone
(CFRP)

CONDUSENS™ est composé d'un analyseur d'impédance, une sonde à courants de Foucault spéciale, et le plus important élément, un logiciel d'analyse tournant sous Windows XP, 7, 8™

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le système de mesure de conductivité électrique sans contact Conducsens™ fonctionne selon le principe des courants de Foucault : la sonde émet champ magnétique alternatif pour générer des courants de Foucault dans une cible conductrice. Ces courants créent à leur tour un champ magnétique secondaire qui sera capté par la même sonde. En analysant le champ magnétique secondaire, le logiciel d'analyse détermine les paramètres de la cible qui ont des influences sur ces courants de Foucault : largeur d'entrefer, épaisseur, conductivité électrique, perméabilité magnétique.

La méthode des courants de Foucault permet de mesurer la conductivité électrique d'un matériau même quand il n'y a pas de contact électrique entre la sonde et le matériau : la mesure peut être réalisée à travers une couche de peinture non conductrice. Lorsque le matériau est constitué d'un mélange de matériaux conducteur et non conducteur comme c'est le cas des composites carbone, le seul moyen pour mesurer efficacement la conductivité électrique du matériau est la méthode des courants de Foucault.

CARACTERISTIQUES

- Très large plage de mesure : de 10.000 S/m (100 $\mu\Omega$ m) à 70.000.000 S/m (0,014 $\mu\Omega$ m) (le matériau le plus conducteur est l'argent avec conductivité $\sigma=63,000,000$ S/m).
- Mesure la conductivité électrique des matériaux composites à fibres de carbone
- Mesure la conductivité électrique des feuilles minces
- Mesure la conductivité électrique des métaux ferreux (aciers, inox magnétiques)
- Mesure et compense la largeur de l'entrefer (épaisseur de revêtement non conducteur)
- Etalonnage et linéarisation déjà intégrés au logiciel.

SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Excitation de la sonde

- Fréquence d'excitation variable sur la plage de 500 Hz à 800 kHz avec résolution de 1 Hz, liste des valeurs de fréquence paramétrable par logiciel selon l'application
- Jusqu'à 50 fréquences peuvent être programmées pour une mesure de conductivité

Diamètre de l'élément sensible de la sonde (hors boîtier)

- Sonde pour matériaux composites carbone : 16 mm
- Sonde pour métaux : 10 mm

Plage de mesure

- de 10,000 S/m (100 $\mu\Omega$ m) à 70,000,000 S/m (0,014 $\mu\Omega$ m)

Effet de l'épaisseur de la cible

Conducens™ excite la sonde avec une fréquence variable f variant de f_{min} à f_{max} . A f_{min} et f_{max} correspondent une profondeur de pénétration maximale et une profondeur de pénétration minimale du champ magnétique.

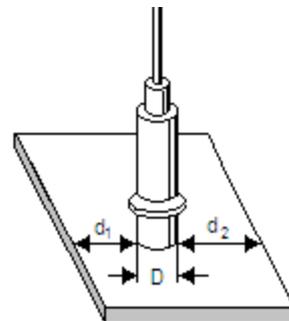
- *Epaisseur > Profondeur de pénétration max.* : l'épaisseur de la cible est plus grande que la profondeur de pénétration maximale. Dans ce cas, le champ magnétique ne traverse pas la cible. L'épaisseur de la cible n'a donc aucune influence sur le résultat de mesure.
- *Profondeur de pénétration min. \leq Epaisseur \leq Profondeur de pénétration max.* : pour les cibles dont l'épaisseur est inférieure à la profondeur de pénétration maximale et supérieure à la profondeur de pénétration minimale, la conductivité électrique et l'épaisseur peuvent être mesurées simultanément. Dans ce cas, le champ magnétique peut traverser la cible, au moins à la fréquence d'excitation la plus faible.
- *Epaisseur < Profondeur de pénétration min.* : l'épaisseur de la cible est inférieure à la profondeur de pénétration minimale. Il s'agit d'une cible mince. Dans ce cas, il faut indiquer la valeur de l'épaisseur au logiciel de mesure.

Conditions sur la dimension de la cible

La distance entre la sonde et le bord le plus proche de la cible doit être égal ou supérieure au diamètre de la sonde

$$d_1 \geq D$$

$$d_2 \geq D$$

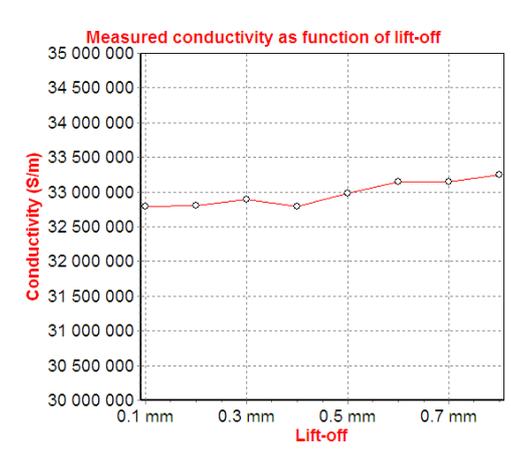


Condition sur le matériau de la cible

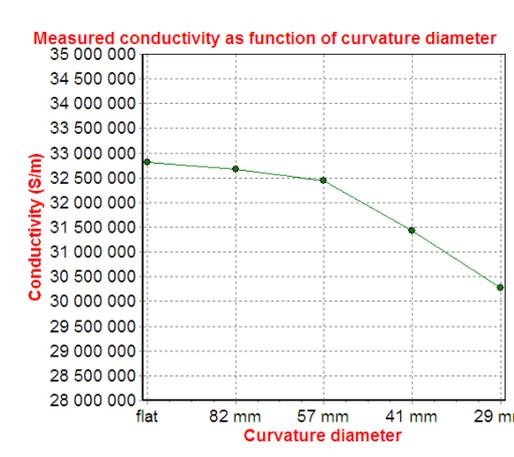
- **Matériaux non magnétiques** : tout matériau conducteur (composite carbone, graphite, métaux divers).
- **Matériaux magnétiques** :
 - low magnetic material (stainless steels): conductivity can be measured simultaneously with relative permeability
 - high magnetic material like cast irons can be measured with external saturation magnetic field in order to reduce the non linearity of the material

Effet de la largeur d'entrefer et de la courbure

Les courbes ci-dessous sont données pour la sonde "métaux" standard (diamètre 10 mm). La cible est une feuille mince en aluminium (épaisseur 12 µm). Sa conductivité électrique mesurée avec la méthode de 4-points est 33 MS/m.



Effect of increasing lift-off on conductivity reading



Effect of increasing curvature on conductivity reading

Étalonnage et linéarisation

- L'analyseur d'impédance doit être étalonné au préalable en circuit ouvert/circuit fermé
- Le système peut fonctionner avec une précision acceptable sans aucun étalonnage et linéarisation
- En cas de cibles incurvées, un étalonnage sur un point permet d'améliorer les résultats
- Un étalonnage sur un point permettra d'améliorer la précision et de compenser l'effet de la température. L'étalon doit avoir la même température que la cible.

Temps de mesure

Le temps de mesure dépend des modèles d'analyseurs d'impédance. Les valeurs suivantes sont données pour le HP4192A d'Agilent. Les modèles plus modernes sont beaucoup plus rapides.

- Cadence moyenne : 10 seconds par mesure en mode multi-fréquences
- Cadence rapide : 0.1 second par mesure en mode mono-fréquence

Temperature de fonctionnement

0° to 40°C. L'effet de la température devrait être corrigé en post-traitement.

Garantie

1 an, à l'exclusion des sondes et des câbles (6 mois). La garantie ne couvre pas les mauvaises utilisations.

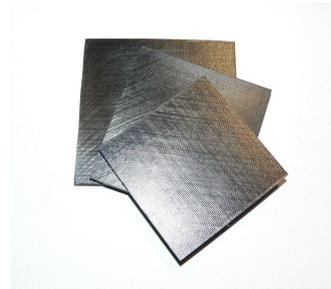
Analyseurs d'impédance compatibles

Agilent E4980A, Agilent 4284A™, Agilent 4192A™, IET Lab 1920™ LCR meter, Hioki 3531™

EXEMPLES D'APPLICATION

A. Mesure de conductivité électrique de composites carbone (CFRP)

Un matériau composite carbone est composé de fibres de carbone et de la résine époxy. Les fibres ne sont pas toujours en contact, ce qui rend difficile l'application de la méthode de 4-points pour la mesure de la conductivité électrique. La méthode des courants de Foucault permet d'introduire du courant électrique dans toutes les fibres, le problème est donc résolu. Le temps de mesure est très court, de l'ordre de quelques secondes.



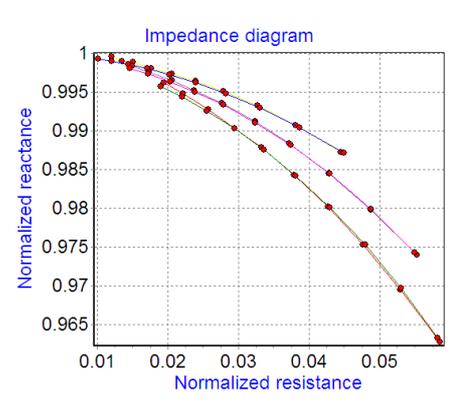
Les 3 échantillons ci-contre ont été fabriqués par un même process mais ont 3 épaisseurs différentes : 2.6 mm, 5 mm et 10 mm. Le but de l'expérience est de mesurer leur conductivité électrique.

CONDUCESENS™ indique :

- Pour la plaque de 2.6 mm, la conductivité estimée est de 14,667 S/m
- Pour la plaque de 5 mm, la conductivité estimée est de 14,685 S/m
- Pour la plaque de 10 mm, la conductivité estimée est de 14,810 S/m



Les courbes d'impédance ci-contre montrent l'excellent adéquation entre les valeurs mesurées et les valeurs prédites par un modèle numérique. Il est à noter que les 3 différentes plaques donnent 3 différentes courbes, mais leurs valeurs de conductivité électrique estimée sont quasiment identiques. Ceci est parfaitement logique car les 3 plaques ont été fabriquées selon le même process.



B. Mesure de conductivité électrique d'un inox magnétique (z3cn18/10)

La conductivité électrique d'une bar ronde en inox (voir ci-contre) a été mesurée. La référence du métal est z3cn18/10. Les mesures d'impédance montrent que le métal est ferromagnétique. Par conséquent, la recherche de la perméabilité magnétique a été activée dans le logiciel.

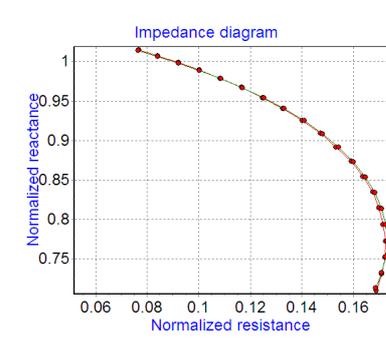


Conducens™ indique :

- Largeur d'entrefer estimée : 0.01 mm
- Conductivité estimée : 1,546,476 S/m
- Perméabilité estimée : 1.20



La figure ci-contre montre la bonne adéquation entre les valeurs mesurées et les valeurs prédites par un modèle numérique.



C. Autres exemples d'application

Visiter nos sites Web www.sciensoria.fr et www.dtktor.com pour plus d'exemples d'application.

CONTACT COMMERCIAL (voir ci-dessous)