

## ESSAIS NON DESTRUCTIFS (END)

### Définition

Parmi les essais non destructifs, on distingue le contrôle (CND) et l'évaluation (END) :

#### • CND

Détecter, positionner, identifier, dimensionner les défauts dans les matériaux, les structures ou les assemblages.

#### • END

Mesurer des caractéristiques de matériaux (mécaniques, thermiques, piézoélectriques,...) sous sollicitation dynamique.

#### Quand les utiliser ?

##### • En fabrication

- Contrôle qualité matière
- Suivi de Process

##### • En utilisation

- Suivi réglementaire
- Expertise
- Maintenance

#### LES TECHNIQUES DE CND/END

Radiographie, thermographie, magnétoscopie, courants de Foucault, ultrasons, optique... Parmi celles bien adaptées aux composites à matrices organiques, on peut citer les ultrasons et la thermographie.

### Ultrasons

#### • Objectifs essentiels des CND/END par US

- Détection, localisation et imagerie de défauts (fissures, délaminages, décollement...)
- Caractérisation des propriétés mécaniques (raideur, viscoélasticité, anisotropie) de la fibre, du pli ou de la structure.

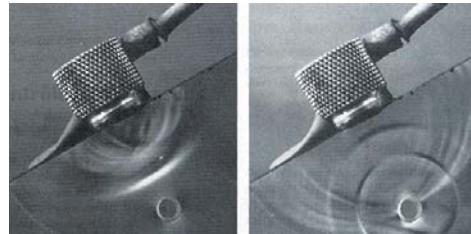
#### • Différences par rapport aux métalliques

Les techniques évoluent et prennent en compte la viscoélasticité et l'anisotropie des composites. Elles ciblent aussi des défauts spécifiques aux composites : délaminage d'interface, porosité, taux fibres/matrice, collage, etc.

#### • Principales méthodes à US

##### Méthodes au contact

Traducteurs piézoélectriques couplés par du gel (parfois via une ligne à retard) à la pièce à tester. Examen volumique, mesure d'épaisseur, détection et caractérisation de défauts plans (délaminage, insert). Résolution de l'ordre du mm.

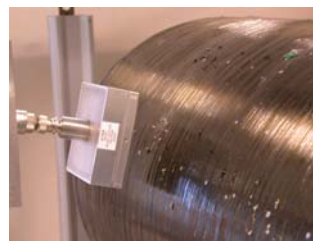


##### Méthodes à immersion

Traducteurs piézoélectriques et éléments à tester sont immergés en piscine. Nécessite le démontage des pièces, mais les hautes fréquences utilisées garantissent une résolution des défauts de l'ordre de 10 µm.

##### Méthodes sans contact

> Traducteurs à couplage par air. Accès unilatéral possible. Basses fréquences ultrasonores (<1MHz) donc réservées à la détection de défauts macroscopiques (quelques mm). Technologie récente bien adaptée aux composites à matrices organiques.



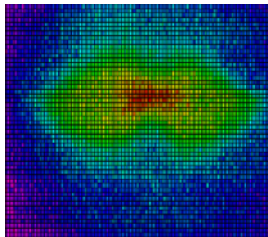
Réservoir composite haute pression

> Techniques Ultrasons-laser. Large spectre de fréquences ultrasonores et résolution latérale optique (µm), donc adaptées à la caractérisation et à l'imagerie à diverses échelles : macroscopiques (aile d'avion), microscopiques (fibres) ou nanoscopiques (interfaces fibres/matrice) par exemple.

## Thermographie

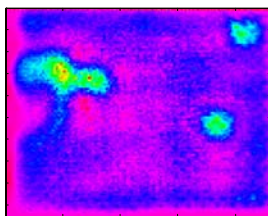
• Objectifs essentiels des CND/END par thermographie.

- *Détection de défauts dans les plaques minces*



> Contrôle de délaminage de pièces composites.

- *Détection de défauts en volume*



> Détection de défauts dans un composite carbone-carbone.  
> Défauts de collage

← 4 cm →

• Différences par rapport aux métalliques

- Plus grande variabilité des propriétés thermiques des composites que des métaux. La chaleur peut donc diffuser très différemment d'un composite à un autre.

- La structure des matériaux composites est anisotrope alors qu'elle est isotrope pour les métaux. D'où l'intérêt de la mesure des champs de température.

• Principe

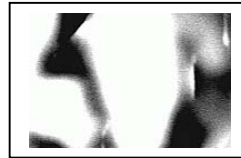
### Exploration des champs thermiques

Excitation de matériaux composites par source photothermique (halogène ou laser) et mesure transitoire du champ de température avec une caméra IR.

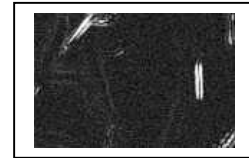


### Réponse thermique à des sollicitations

Excitation spatialement aléatoire et traitement d'images infrarouges.



Champ de température initial sur une feuille composite juste après l'excitation



Mise en évidence de fissures dans la feuille après traitement des images IR

### SECTEURS D'APPLICATIONS DES END

Aéronautique, Aérospatial, industries des transports (automobile, ferroviaire, naval...), conception de nouveaux matériaux, génie civil, environnement.

### ENJEUX DES END

- Qualité totale des matériaux et structures
- Sécurité dans les industries du transport, du nucléaire, de l'Aérospatiale...
- Décision de maintien en service ou de recyclage des pièces

Les fiches techniques « Du métal au composite » sont éditées dans le cadre d'une action partenariale portée par l'UIMM Aquitaine et soutenue par l'Etat, le conseil régional d'Aquitaine, les agences 2ADI, Innovalis Aquitaine et l'AFPI. Elles sont réalisées avec le concours de l'IUT Bordeaux I, Lamefip, LMP, LCTS et Think Composites, TREFLE.