

# **LES ULTRASONS LASER APPLIQUÉS AUX MATÉRIAUX COMPOSITES AÉRONAUTIQUES**

## *LASER ULTRASONICS FOR COMPOSITES IN AERONAUTICS*

H. VOILLAUME, B. CAMPAGNE  
EADS Innovation Works – 12 rue Pasteur – 92150 Suresnes  
Tél. 01 46 97 37 94 – 01 46 97 33 84 – Fax. 01 46 97 34 04  
E-mail : [hubert.voillaume@eads.net](mailto:hubert.voillaume@eads.net) – [benjamin.campagne@eads.net](mailto:benjamin.campagne@eads.net)

### **Résumé**

Cet article présente le système LUIS mis en œuvre par EADS Innovation Works, après une quinzaine d'années d'utilisation. Sont ainsi présentées les différentes améliorations apportées au système.

Les résultats obtenus sur panneaux composites courbes illustrent les performances du système qui sert aujourd'hui de plateforme de développement pour le dimensionnement de systèmes futurs.

### **Abstract**

This paper is presenting the LUIS system. It is still operated by EADS Innovation Works after fifteen years of exploitation. Improvements are presented and illustrated.

Its ability to inspect complex shape parts are demonstrated through different double curvature composite panels. The LUIS is now used as a development platform allowing design and sizing for future systems.

### **LE CONTROLE PAR ULTRASONS LASER**

La technologie des Ultrasons Laser est développée et mise en œuvre à EADS IW depuis une quinzaine d'années. Cela a conduit à un haut degré d'expertise dans ce domaine qui allie l'optique et l'acoustique. Avantages et inconvénients ont été de nombreuses fois évoqués et analysés [1]-[2]. Il apparaît qu'aujourd'hui cette technologie spécifique peut se développer à travers un marché de niches, où l'analyse technico-économique aura démontré une rentabilité [3]. Les structures composites aéronautiques sont et seront de plus en plus grandes et de forme complexe, ce qui fait de la technologie Ultrasons Laser un candidat potentiel à considérer, au même titre que les autres technologies ultrasonores à couplage liquide.

Cet article présente l'état actuel du système LUIS, mis en service en 1994, et toujours opérationnel. Il est actuellement implanté dans les locaux d'Airbus Nantes, avant de rejoindre le TechnoCampus EMC2 en 2009. Il est actuellement utilisé comme moyen d'expertise de CND pour les structures composites courbes. Il sert également de plateforme de développement mise en œuvre pour le dimensionnement de systèmes futurs.

## LE SYSTEME LUIS

Le système LUIS est la seule installation Ultrasons Laser en Europe capable d'inspecter des structures composites de plusieurs mètres carrés. Aujourd'hui implanté chez Airbus sur le site de Nantes, le système LUIS est mis en œuvre par EADS IW qui l'utilise comme moyen d'expertise de CND pour les structures composites courbes.



*Les unités laser + scanner du LUIS dans la pièce d'inspection*



*Le pupitre de contrôle du LUIS installé dans la zone sécuritaire.*

Après avoir été déplacé sur de nombreux sites (Aérospatiale - Suresnes et Nantes, Dassault Falcon Service - Le Bourget, Dassault Aviation - Vélizy, Biarritz et Mérignac, Montréal) pour des étapes de démonstration, de développement ou de production, [4] le système LUIS intégrera prochainement le centre TechnoCampus EMC2 dédié aux développements des matériaux composites.



*TechnoCampus EMC2*

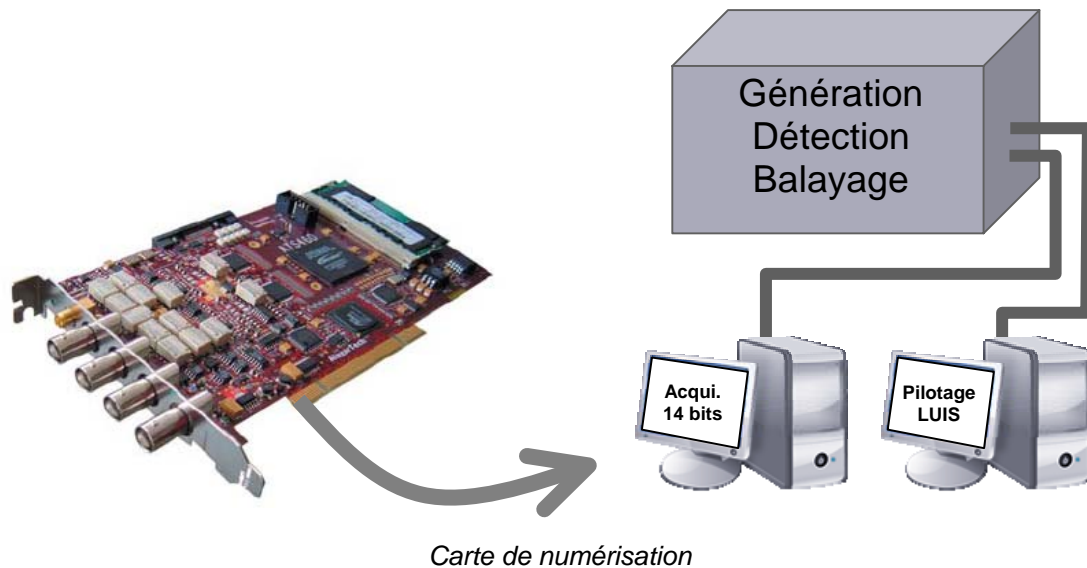
## LES AMELIORATIONS

Après deux ans d'utilisation en production sur le site de Dassault Aviation Biarritz, des dégradations importantes ont été observées sur la quasi-totalité des éléments optiques extérieurs du système. La cause étant probablement l'environnement agressif du local dans lequel se trouvait le LUIS. Un changement systématique des miroirs et autres composants ont permis de récupérer les caractéristiques nominales en terme de puissance au niveau des lasers. Cette phase de remise en état s'est poursuivie par 3 étapes d'amélioration.

Les contraintes majeures sont liées à la disparition du fabricant d'origine. Ceci nous a conduit à développer des améliorations autonomes, c'est-à-dire transparentes du point de vue du pilotage global du système dont la structure est fermée et ne peut être simplement modifiée.

## Numérisation

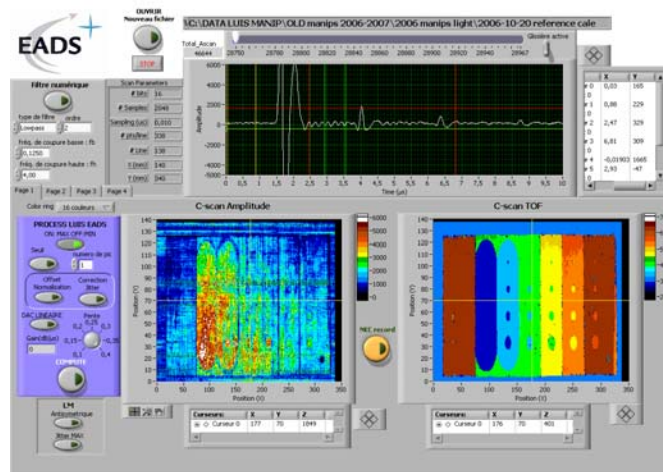
La première étape a consisté à mettre en place un système d'acquisition sur une carte de numérisation permettant une meilleure dynamique. Développée sous LabView®, l'interface de pilotage de la nouvelle carte s'accompagne d'une interface de visualisation et de traitement des données.



Les caractéristiques de la nouvelle carte sont les suivantes : Alazartech 460.

- 2 canaux échantillonnés à 14 bits de résolution
- Trigger input + trigger output
- Echantillonnage temps réel 125 MS/s par canal
- Mémoire interne 8 Mo
- Horloge externe de 1 KHz à 125 MHz
- Enregistrement multiple de données pré-déclenché
- Déclenchement interne ou externe avec retard

La totalité des formes d'onde (A-scan) est enregistrée et stockée. Les données sont affichées en temps réel via une interface développée dans l'environnement Labview®.

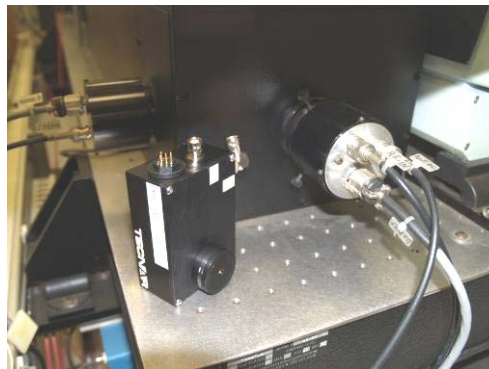


*Exemple de cartographies C-scan obtenues sur une éprouvette étalon.*

Une exploitation optimisée peut être réalisée en différé. Le format des données étant compatible du logiciel NDT Kit ® développé par EADS IW et Airbus, les cartographies sont ensuite exploitées à l'aide des outils tels que la détection de défauts automatique et la concaténation de plusieurs C-scan affichés dans un environnement homogène.

## Photodétecteur

La chaîne de détection associée à l'interféromètre Fabry-Pérot possède un nouveau détecteur optique dont les propriétés ont été optimisées pour travailler avec des matériaux à très faible pouvoir diffusant. Dans la majorité des cas, l'inspection de surface sombre renvoie peu de lumière vers le système de collection. Doté d'un détecteur plus sensible, le LUIS possède dorénavant une plus grande dynamique de travail, ce qui permet par exemple d'inspecter des matériaux pour des angles encore plus élevés.



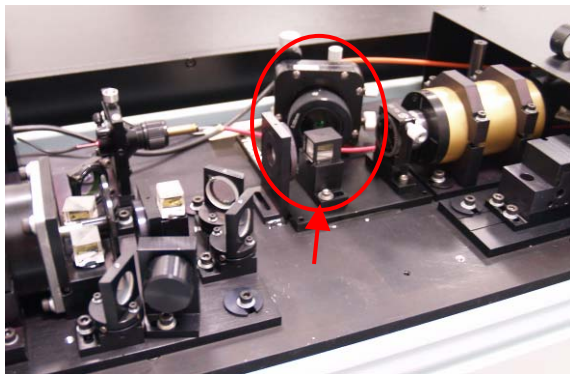
*Nouveau module de détection pour le Fabry-Pérot.*

## Module de détection Basse Fréquence

L'interféromètre Fabry-Pérot, est utilisé pour transformer la modulation de phase du laser de détection en modulation d'intensité. Robuste et stable, le Fabry-Pérot possède toutefois l'inconvénient de ne pas avoir une sensibilité constante sur une grande plage de fréquence. En effet, celle-ci est limitée à l'intervalle [1-15MHz] avec un maximum de sensibilité à 5MHz.

Un nouveau type d'interféromètre basé sur le principe du mélange à deux ondes dans un cristal photoréfractif a été récemment intégré dans le LUIS [5]. Contrairement au Fabry-Pérot, il possède une réponse plate sur une très grande largeur spectrale (pas de limite haute fréquence), et la fréquence de coupure basse peut être ajustée selon le besoin (jusqu'à quelques dizaines de kHz). Ce nouvel interféromètre permet de mettre en œuvre la méthode Laser Tapping, qui est l'équivalent optique de la technique manuelle tap-test. Celle-ci consiste à générer localement une contrainte de surface, puis de mesurer la vibration résultante (essentiellement < 1MHz). Cette méthode est particulièrement bien adaptée à la détection de surfaces décollées (par exemple les revêtements de protection céramique), ainsi qu'à l'inspection d'éprouvettes en nid d'abeille. Cette méthode de mesure, couplée au balayage laser sans contact, offre des possibilités intéressantes pour l'inspection de pièces de grande dimension.

La mise en place du nouvel interféromètre a nécessité de prélever une partie du laser de détection afin de créer un faisceau « pompe » ou « référence ». Pour cela, nous avons placé un module d'extraction de faisceau avant son injection dans la fibre d'illumination. Le faisceau de référence et le faisceau signal provenant de la cible sont dirigés vers l'interféromètre photoréfractif, où ils interfèrent dans un cristal aux propriétés photoréfractives. Celui-ci se comporte comme un hologramme temps-réel. Bien que le principe de démodulation soit différent du Fabry-Pérot, le signal ultrasonore est converti en signal électrique en sortie de l'interféromètre, amplifié, filtré puis dirigé vers la carte d'acquisition numérique.



*Extracteur de faisceau*



*Interféromètre photoréfractif intégré dans le LUIS*

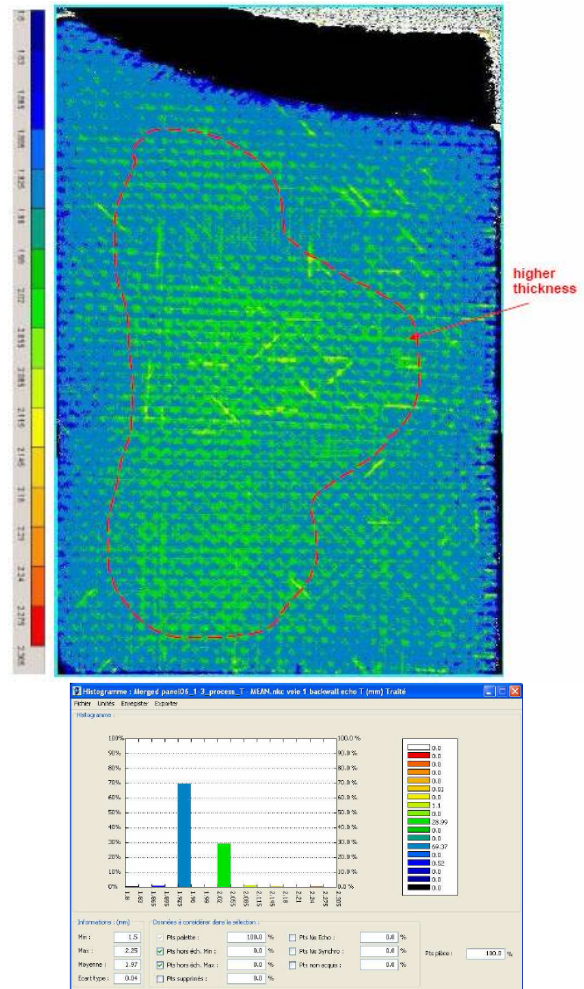
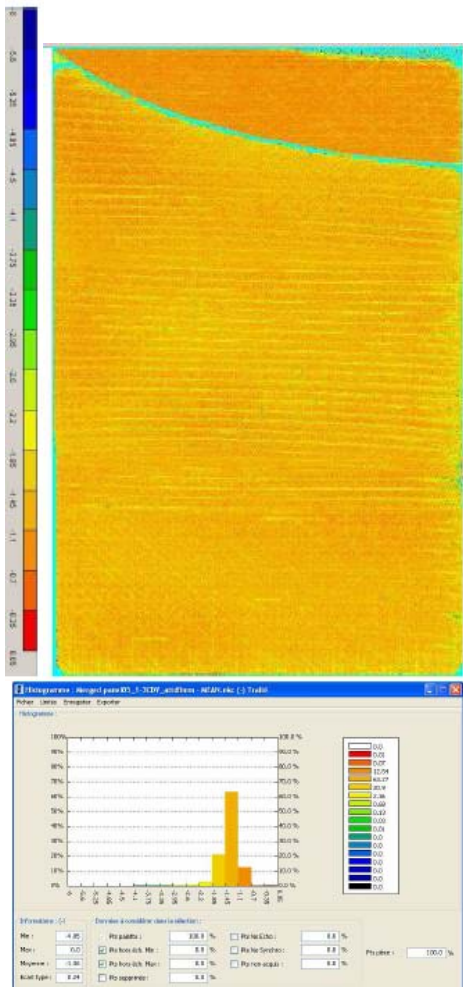
## **MISE EN ŒUVRE SUR STRUCTURES COURBES**

Des structures composites de dimension 1000 mm x 1500 mm x 2 mm ont été développées dans le cadre de programmes de recherche sur les matériaux et les procédés. Ces pièces de forme non développable, et sans revêtement spécifique, ont pu être inspectées sans préparation particulière de la pièce.



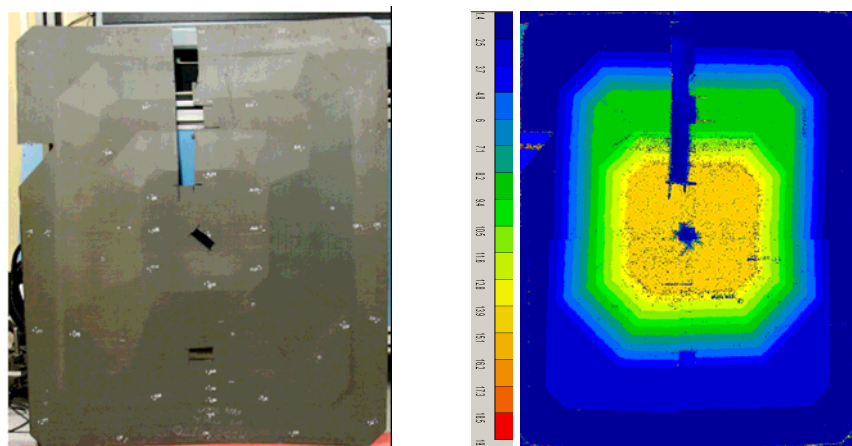
*Panneau composite double courbure*

Les cartographies alors obtenues sont présentées ci-dessous, après concaténation des 4 zones inspectées successivement.



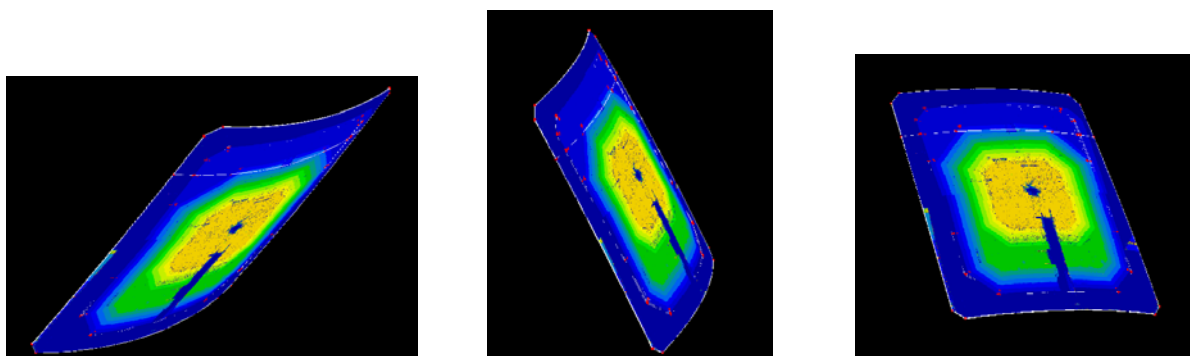
*Cartographies Amplitude et Epaisseur avec analyse d'histogramme*

A titre d'illustration, un autre type de panneau composite double courbure de dimension 800 mm x 1200 mm, d'épaisseur 1,6 à 15 mm a également été inspecté avec le système LUIS.



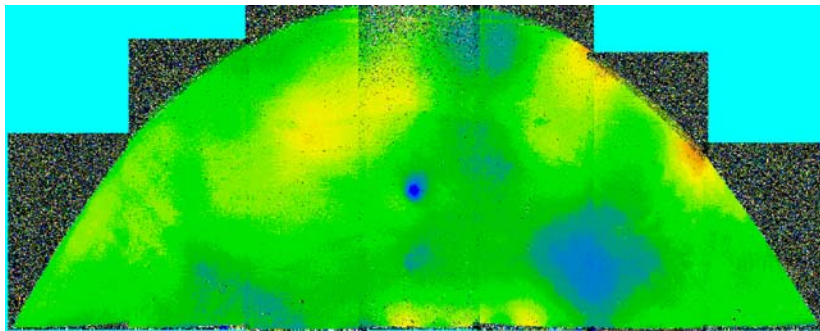
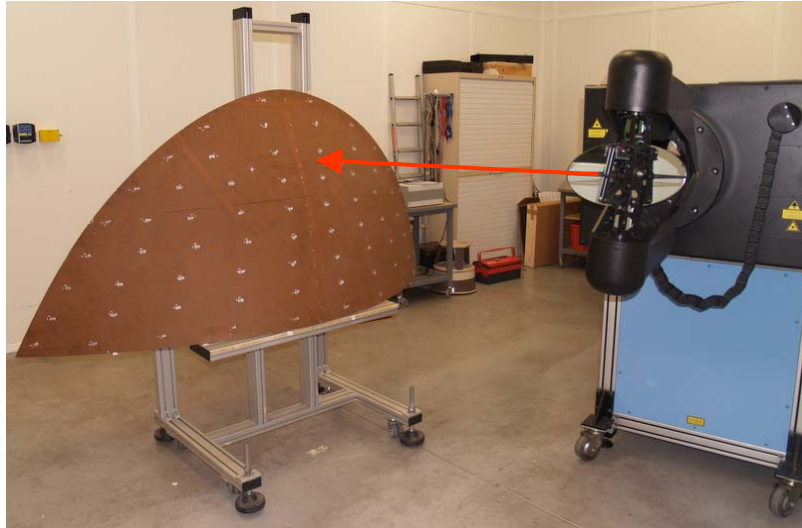
*Photographie et cartographie en épaisseur du panneau composite*

La CAO de cette pièce étant disponible, nous avons alors pu projeter les cartographies sur la surface numérique de la pièce tel que présenté dans les figures ci-dessous. Cette fonctionnalité fait partie des outils récemment développés pour le logiciel NDT Kit ®.



*Projection de la cartographie sur la CAO*

Autre exemple de pièce présentant une double courbure.



*Photographie et cartographie en épaisseur du panneau courbe*



## CONCLUSION

La technologie Ultrasons Laser constitue une alternative à fort potentiel pour le contrôle de structures composites de grandes dimensions, de forme complexe et dont la manutention peut s'avérer délicate. Les progrès réalisés dans le domaine des lasers permettent d'envisager aujourd'hui des systèmes à haute cadence avec un haut niveau de fiabilité.

Le système LUIS, en plus des expertises IND qu'il permet de réaliser, est un outil de développement et de validation pour le bon dimensionnement des systèmes futurs.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Pétilion O., Dupuis J.P., David D. & Voillaume H., Ultrasons Laser : Un Système de CND Sans Contact, 6th ECNDT, 1994, Conferences and Posters, Vol. 1, pp 525-529
- [2] Voillaume H., Trétout H., Pétilion O. & Dupuis J.P., Applications des Ultrasons - Laser dans l'Industrie Aéronautique, COFREND Nantes 1997
- [3] Voillaume H., Simonet D., Brousset C., Barbeau P., Arnaud J.L., Dubois M., Drake T. & Osterkamp M., Analysis of Commercial Aeronautics Applications of Laser Ultrasonics for Composite Manufacturing, ECNDT Berlin 2006
- [4] Pétilion O., Dupuis J.P., Voillaume H., Trétout H. & Padoy P., Laser Ultrasonic: From the Lab to the Industry, WCNDT Rome 2000
- [5] Blouin A., Campagne B, Néron C. & Monchalin J.-P., Detection of skin disbond in honeycombs and coating detachment by a laser acoustic technique, Review of Progress in QNDE 2006, AIP Conference Proceedings, vol. 26, 2007