

# Génération de trajectoires et détection de défauts automatiques pour l'inspection ultrasonore de pièces d'aéronefs en matériaux composites

## CONTEXTE

Les matériaux composites sont largement utilisés dans les structures des aéronefs modernes. Les pièces critiques, comme les ailes ou le fuselage, doivent être inspectées à 100 % pour garantir l'absence de défauts. Les inspections requises sont généralement des échographies ultrasonores. Les méthodes d'inspection classiques font face à de nouveaux défis techniques et économiques :

- Pièces de grandes dimensions
- Cadences de production élevées
- Géométries complexes
- Besoin de répétabilité

## PROBLÉMATIQUE

Comment **améliorer la probabilité de détection** des défauts et la **répétabilité** des inspections pour les pièces de géométries complexes et de grandes dimensions?

Comment **réduire la durée générale du cycle d'inspection** pour éviter qu'il ne devienne un goulot d'étranglement dans les processus de production?

## AVANCÉES TECHNOLOGIQUES

Deux innovations ont été proposées à travers deux projets de R&D distincts :

1. Une technique de **génération automatique de trajectoires** pour l'inspection ultrasonore robotisée.
2. Un algorithme d'**analyse automatique des résultats d'inspection** permettant de détecter les défauts sans intervention humaine.

## 1. TRAJECTOIRES ROBOTIQUES AUTOMATISÉES

### MÉTHODOLOGIE

Utilise des concepts géométriques d'aplatissement empruntés aux domaines de la cartographie terrestre et des jeux vidéo. À partir du modèle 3D de la pièce à inspecter, l'algorithme réalise un aplatissement vers une représentation 2D tout en minimisant les distorsions. Les étapes sont les suivantes :

- (a) Calcul des courbures principales de la pièce
- (b) Aplatissement (de 3D à 2D)
- (c) Génération automatique d'un parcours de type « raster scan » 2D
  - minimisant le nombre de passes pour assurer une couverture complète de la pièce,
  - raffinant automatiquement le balayage dans les zones le nécessitant (rayons par exemple).
- (d) Inversion de l'aplatissement (de 2D à 3D)
- (e) Réalisation du parcours par le robot

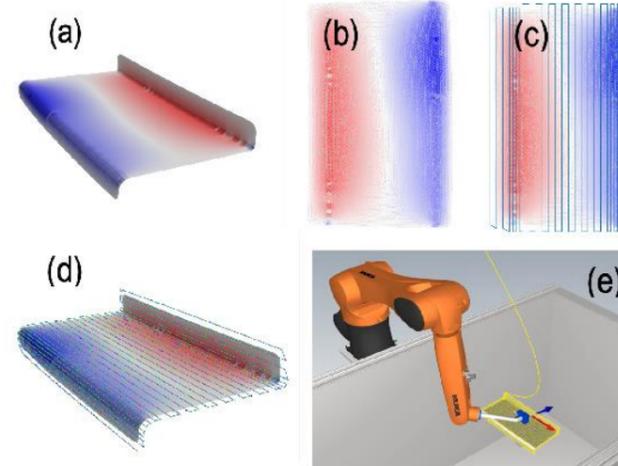


Figure 1 – Étapes de la génération automatique de trajectoire

### RÉSULTATS

- Validé sur des géométries de pièces aéronautiques variées
- **Génère des trajectoires optimales** en quelques secondes, même pour les géométries complexes
- Supprime des étapes de programmation longues, fastidieuses et nécessitant des logiciels coûteux
- **Facilite l'interprétation** des échographies obtenues

## 2. ANALYSE AUTOMATIQUE DES RÉSULTATS D'INSPECTION

### MÉTHODOLOGIE

À partir des données ultrasonores mesurées, et à l'aide de méthodes géométriques et statistiques, l'algorithme reconstruit une pièce virtuelle sans défaut et produit le signal correspondant.

Les défauts potentiels sont extraits par soustraction point par point entre le signal réel mesuré et le signal virtuel de la pièce reconstruite.

Une étude **POD** (Probability of Detection) a été menée pour comparer les performances de l'algorithme développé à celle d'un logiciel commercial (ULTIS, produit par Testia, une filiale d'Airbus).

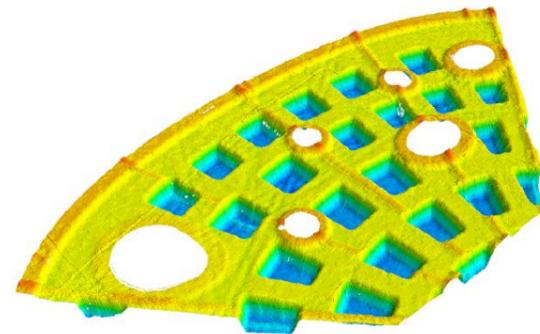


Figure 2 - Portion de la cloison pressurisée d'un avion de ligne reconstruite automatiquement à partir des données ultrasonores brutes.

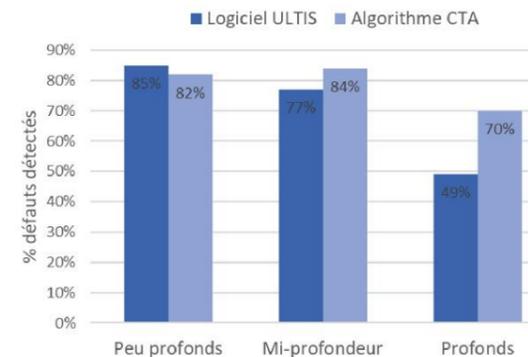


Figure 3 - Pourcentage de défauts détectés en fonction de leur profondeur dans la pièce.

### RÉSULTATS

- Réduction de **60 à 80 %** de la durée d'analyse par rapport à la méthode manuelle
- **Meilleure probabilité de détection des défauts** ( $a_{90/95} = 8.3$  mm) qu'avec le logiciel ULTIS ( $a_{90/95} = 13.4$  mm)
- **Meilleure détection des défauts proches du fond** et des défauts difficiles à détecter de type FOD (Foreign Object Debris)

## FINANCEMENT

Trajectoires automatisées : **CRSNG (RDA 515460)**  
Analyse automatique : **CRSNG (RDA 513918)** et **FQRNT**

## PARTENAIRES INDUSTRIELS

Trajectoires automatisées : **TD NDE** (BRASSARD Michel, St-JACQUES David)  
Analyse automatique : **BOMBARDIER AVIATION** (MASSON Benoît)

## PUBLICATION

Trajectoires automatisées : présenté en 2020 lors du *12th International Symposium on NDT in Aerospace*.  
Analyse automatique : soumis pour publication dans le journal *NDT&E International* en 2021.

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

BEAUSOLEIL Alexandre, DUBOIS Pierre-Olivier, SCHEED Laurent, SÉGUIN-CHARBONNEAU Loïc, THÉROUX Louis-Daniel, **WALTER Julien**