



**HAL**  
open science

## Inspection automatisée d'assemblages mécaniques aéronautiques par vision 2D/3D en exploitant la maquette numérique

Hamdi Ben Abdallah, Igor Jovančević, Jean-José Orteu, Ludovic Brèthes,  
Benoît Dolives

### ► To cite this version:

Hamdi Ben Abdallah, Igor Jovančević, Jean-José Orteu, Ludovic Brèthes, Benoît Dolives. Inspection automatisée d'assemblages mécaniques aéronautiques par vision 2D/3D en exploitant la maquette numérique. OPTIQUE TOULOUSE 2018, Jul 2018, Toulouse, France. hal-01830354

**HAL Id: hal-01830354**

**<https://hal.science/hal-01830354>**

Submitted on 18 Jul 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# INSPECTION AUTOMATISÉE D'ASSEMBLAGES MÉCANIQUES AÉRONAUTIQUES PAR VISION 2D/3D EN EXPLOITANT LA MAQUETTE NUMÉRIQUE

Hamdi Ben Abdallah<sup>1,2</sup>, Igor Jovančević<sup>2</sup>, Jean-José Orteu<sup>1</sup>, Ludovic Brèthes<sup>2</sup>, Benoît Dolives<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut Clément Ader (ICA) ; Université de Toulouse ; CNRS, IMT Mines Albi, INSA, ISAE-SUPAERO, UPS ; Campus Jarlard, F-81013 Albi, France

<sup>2</sup> DIOTASOFT, 815 La Pyrénéenne, 31670 Labège, France

## RÉSUMÉ

L'inspection automatisée permet d'accélérer le contrôle qualité de pièces ou structures mécanique. Cet article propose une méthodologie d'inspection automatisée d'assemblages mécaniques aéronautiques basée sur l'utilisation d'une caméra 2D et/ou d'un capteur 3D, et sur l'exploitation de la maquette numérique de l'assemblage. Il s'agit de vérifier que les éléments qui constituent l'assemblage sont présents, ou qu'ils ont été montés dans la bonne position. Les méthodes proposées ont été validées dans le cadre d'applications industrielles.

**MOTS-CLEFS :** *Inspection ; modèle CAO ; analyse d'images ; analyse de nuages de points 3D.*

## 1. INTRODUCTION

En utilisant une caméra 2D et/ou un capteur 3D, il s'agit d'inspecter un assemblage mécanique aéronautique pour vérifier qu'il a été correctement assemblé (éléments présents, éléments dans la bonne position, éléments à la bonne distance les uns des autres, etc.).

A titre d'exemple, la figure 1a présente un panneau utilisé pour tester nos algorithmes et la figure 1b présente le modèle CAO 3D du panneau (maquette numérique) qui sert de référence.

Sur le panneau, l'élément A est absent, l'élément B a été monté correctement, l'élément C a été monté à l'envers, l'élément E a été monté correctement, l'élément F représente 1 câble qui a été monté trop près d'une canalisation (problème d'interférence ; cf. section 3.).

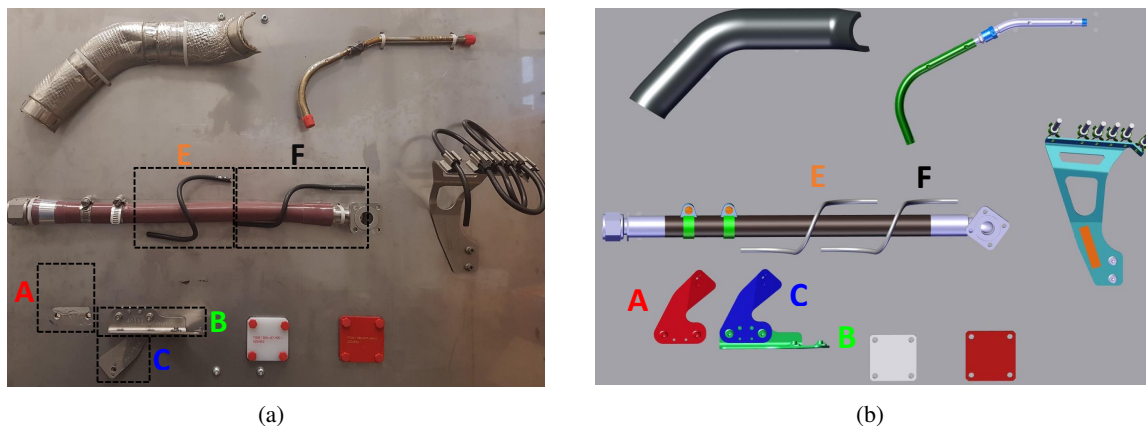


FIGURE 1: (a) Panneau constitué d'éléments à contrôler et (b) maquette numérique du panneau

Pour des raisons de rapidité d'inspection, l'objectif est de contrôler un maximum d'éléments par vision 2D (analyse d'images) et de réserver l'utilisation du capteur 3D (analyse de nuages de points 3D) pour les éléments qui ne peuvent pas être contrôlés par vision 2D (voir section 3.).

A noter que la pose relative entre l'objet à inspecter et le capteur est fournie en temps-réel par le logiciel de réalité augmentée développé par Diota. Ce logiciel est basé sur un tracking d'edgelets et un algorithme de SLAM [1].

## 2. INSPECTION À PARTIR D'IMAGES 2D

L'algorithme d'inspection par analyse d'images 2D est basé sur une comparaison des edgelets du modèle CAO projetés dans les images 2D avec les contours extraits dans les images 2D [2].

L'algorithme est composé de 4 étapes principales :

1. Extraction d'edgelets dans le modèle CAO de l'objet à contrôler.  
Un edgelet  $(p_i, \vec{t}_i)$  est défini par un point 3D  $p_i$  et un vecteur normé  $\vec{t}_i$ , tangentiel à la surface au point  $p_i$ . L'étape de génération d'edgelets est expliquée dans [1].
2. Projection 3D/2D : la pose relative élément à inspecter/caméra étant connue (c'est une des forces de la méthode d'inspection proposée), les edgelets 3D extraits du modèle CAO sont projetés dans l'image 2D en utilisant la projection perspective (principe de réalité augmentée) (cf. figure 2).
3. Mise en correspondance entre les edgelets projetés et les contours extraits dans l'image 2D.
4. Analyse des écarts et diagnostic sur la présence éventuelle d'une anomalie (élément absent par exemple).

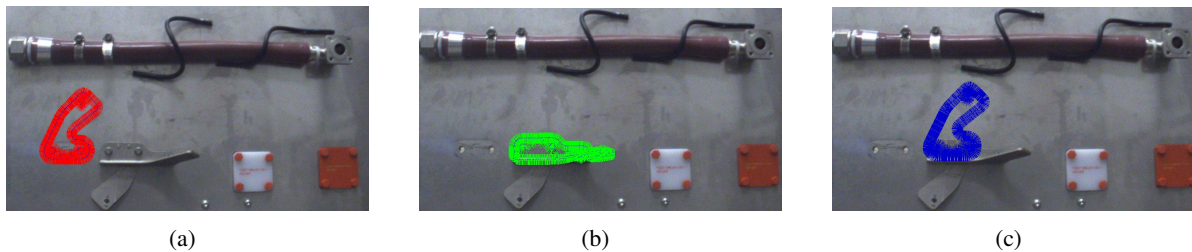


FIGURE 2: Edgelets du modèle CAO projetés dans l'image pour les éléments A, B et C de la figure 1 (étape 2 de l'algorithme d'inspection 2D)

Résultats : l'algorithme d'inspection 2D a été testé sur un jeu de 395 images acquises dans des conditions d'éclairage variables et sous différents points de vue. Il a fourni un diagnostic correct dans 99.83% des cas, avec un taux de faux positifs (fausses alarmes) de 0.25% et un taux de faux négatifs de 0%. Les résultats obtenus confirment l'efficacité de la méthode développée. D'autres tests sont en cours sur d'autres configurations d'inspection.

## 3. INSPECTION À PARTIR DE NUAGES DE POINTS 3D

Certains types d'inspection ne peuvent pas être réalisés par "simple" analyse d'images 2D. Un exemple typique est l'interférence entre câbles ou canalisations. Il s'agit de vérifier que 2 câbles (ou 1 câble et 1 canalisation) sont à une distance minimale l'un de l'autre. La figure 1 (éléments E et F) et la figure 4 illustrent quelques exemples d'interférence.

On voit sur la figure 1 (éléments E et F) que, selon le point de vue, l'analyse d'une image 2D ne permet pas de déterminer la distance entre 1 câble et 1 canalisation (ou entre 2 câbles). Pour ce type de diagnostic, nous utilisons un capteur 3D qui fournit des nuages de points 3D.

L'algorithme d'inspection par analyse de nuages de points 3D est composé de 6 étapes principales : (1) prétraitement des données 3D acquises par le capteur pour éliminer les points aberrants (2) extraction d'amers 3D (3) définition de descripteurs 3D associés aux amers (4) raffinement par ICP à double filtrage (5) mesure des écarts après recalage entre la forme scannée et le modèle CAO correspondant (6) diagnostic sur la présence éventuelle d'interférences (cf. figure 4).

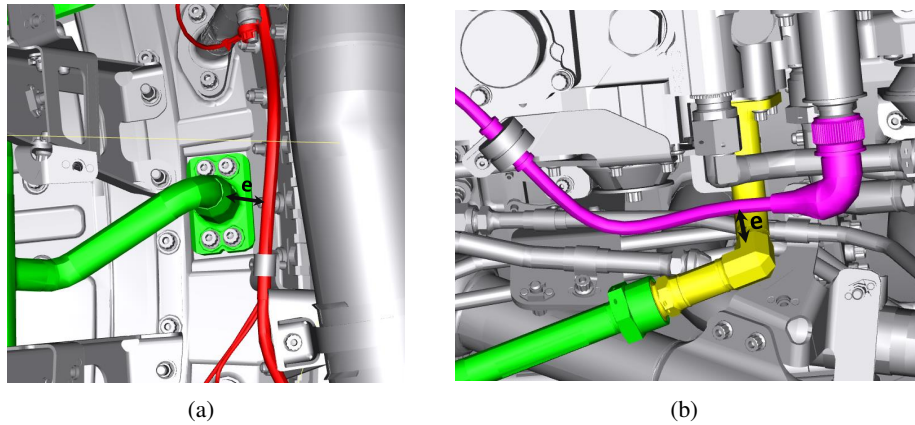


FIGURE 3: Illustration de la problématique des interférences entre câbles ou canalisations

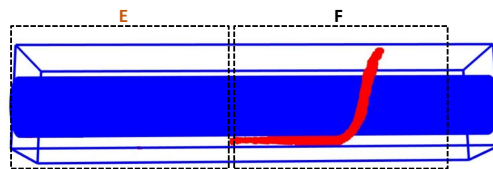


FIGURE 4: Résultat de la détection d'interférences (éléments E et F de la figure 1) : l'algorithme a détecté que le câble de droite a été monté trop près de la canalisation

La robustesse de l'algorithme proposé est en cours d'évaluation.

### CONCLUSION

L'exposé oral permettra de présenter les algorithmes développés et les résultats obtenus sur différentes situations nécessitant une inspection 2D ou une inspection 3D.

### RÉFÉRENCES

- [1] A. Loesch, S. Bourgeois, V. Gay-Bellile and M. Dhôme, "Generic edgelet-based tracking of 3D objects in real-time," *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, vol. 52, pp. 6059–6066, 2015.
- [2] H. Ben Abdallah, I. Jovancevic, J.-J. Orteu, L. Brèthes, "Automatic inspection of an aeronautical mechanical assembly by matching the 3D CAD model and real 2D images", *Congrès Reconnaissance des Formes, Image, Apprentissage et Perception (RFIAP'2018)*, Marne-la-Vallée (France), 25-28 juin 2018. (soumis)