

# Localisation à partir de données laser d'un robot naviguant autour d'un avion

Jérémy Frejaville

Stanislas Larnier

Stéphane Vetault

AKKA Research, 6 rue Roger Camboulives, 31100 Toulouse, France

[jeremy.frejaville@akka.eu](mailto:jeremy.frejaville@akka.eu) , [stanislas.larnier@akka.eu](mailto:stanislas.larnier@akka.eu) , [stephane.vetault@akka.eu](mailto:stephane.vetault@akka.eu)

## Résumé

*Cet article traite du calcul de la pose de la plateforme mobile Air-Cobot par rapport à l'avion autour duquel elle évolue. Autonome et collaboratif, ce robot inspecte des aéronefs. Il est équipé de capteurs de distance à balayage laser. Les méthodes de localisation présentées ont été testées avec succès en environnement réel.*

## Mots Clefs

Reconnaissance de forme, capteur de distance laser, localisation laser, robot autonome.

## Abstract

*This article discusses the pose estimation of the mobile platform Air-Cobot relative to the aircraft around which it operates. Autonomous and collaborative, this robot inspects aircrafts. It is equipped with distance sensors laser scans. The presented localization methods have been successfully tested in a real environment.*

## Keywords

Shape recognition, laser range finder, laser localization, autonomous robot.

## 1 Introduction

Les avions sont inspectés périodiquement lors d'opérations de maintenance que ce soit sur l'aéroport entre deux vols ou dans un hangar pour des inspections plus poussées. La diminution des périodes d'inspection est un objectif majeur pour les avionneurs et les compagnies aériennes. L'inspection est réalisée par des opérateurs humains principalement de manière visuelle, parfois avec l'aide d'outils pour évaluer les défauts.

Le projet multipartenaires Air-Cobot vise à rendre cette inspection plus rapide, exhaustive et fiable. Un robot mobile autonome et collaboratif a été conçu pour aider à l'inspection des aéronefs. [1,3,4,6] Il est muni de senseurs dédiés à l'inspection : caméra Pan-Tilt-Zoom (PTZ) et scanner 3D et d'autres dédiés à la navigation : caméras Point Grey, capteurs de distance à balayage laser, boîtier GPS et centrale inertielle.

Cet article se focalise sur la localisation à partir des données laser. Le modèle retenu pour les capteurs est un Hokuyo UTM-30LX. Muni de lasers de longueur d'onde 870 nm, il scanne une zone semi-circulaire de 270°. Le robot en possède deux situés à l'avant et l'arrière, et montés sur des platines pouvant évoluer en pan et en tilt. Deux localisations ont été envisagées.

La première se base sur des données 3D et s'effectue lorsque le cobot arrive sur le site d'inspection. Lorsque le robot connaît sa pose par rapport à l'avion, il se déplace et la met à jour grâce à une fusion entre

l'odométrie des roues, la centrale inertielle et l'odométrie visuelle. Cette mise à jour se détériore au cours du temps. La seconde localisation corrige cette dérive. Basée sur des données 2D prises de manière horizontale, elle fournit une estimation de pose en temps réel du robot lorsqu'assez d'éléments parmi les trains d'atterrissage et les réacteurs sont visibles. Cette localisation est indispensable lorsque le robot évolue sous l'avion pour inspecter les trains d'atterrissage, cf. figure 1. Un indice de confiance est renvoyé en fonction du nombre d'éléments détectés et identifiés de l'avion. La localisation a été testée sur des avions A320 dans les locaux d'Airbus et Air France en extérieur et en hangar.



Figure 1 – Air-Cobot navigant sous l'avion.

## 2 Estimation de la pose 3D du robot

Les données acquises sont filtrées pour se restreindre à des ensembles de points qui peuvent correspondre à un avion. Un nettoyage est effectué pour supprimer les points isolés, les plans verticaux (e.g. murs du hangar.) et les faibles regroupements de points au niveau du sol (e.g. véhicules, piétons). Une reconnaissance de forme cylindrique est ensuite appliquée pour isoler l'avion. Les clusters trop éloignés du cylindre sont supprimés.

Après ce prétraitement, l'algorithme d'association entre le modèle CAO et le scan calcule des caractéristiques (normales, courbures, FPFH signatures). Une sélection aléatoire de points est réalisée parmi ceux qui présentent les courbures max. Une recherche détermine les points dans le modèle possédant des caractéristiques communes et respectant la géométrie, comparaison des FPFH signatures. [2,5] L'algorithme renvoie une erreur d'association et recommence une sélection aléatoire jusqu'à ce que l'erreur soit en dessous d'un seuil.

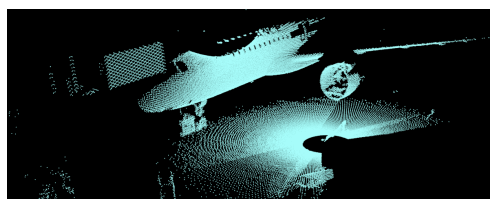


Figure 2 – Données 3D obtenues grâce à un balayage avec un Hokuyo monté sur une platine.

Les données 3D sont acquises en 10 secondes. Selon la complexité de l'environnement, les nuages de points sont composés de 150 000 à 250 000 points, cf. figure 2. Le prétraitement permet d'extraire un nuage de points sous-échantillonné constitué uniquement de l'avion, soit moins de 5 000 points. L'estimation de la pose varie entre 10 et 60 secondes, dure en moyenne 20 secondes, avec un algorithme exécuté sur un ordinateur portable doté de 8 Go de mémoire RAM et d'un processeur Intel Core i7 cadencé à 4x2.90 GHz. Le temps de calcul peut être amélioré avec du calcul en parallèle.

Sur 56 acquisitions, le robot a été capable de se localiser dans 87.5% des cas (49/56). La précision est de l'ordre de 1 m le long de l'axe principal de l'avion, 50 cm selon la perpendiculaire et 20 cm en hauteur. Cette différence selon l'axe principal de l'avion peut provenir d'un « glissement » lors du recalage du fuselage. Les zones les plus difficiles pour obtenir une localisation sont sous le fuselage, sous le cockpit et sous l'empennage. Cela est dû au fait que l'acquisition fournit peu de points faisant partie du fuselage. L'algorithme n'éprouve pas de difficultés particulières lorsque le robot est situé à une distance de 5 à 15 m de l'avion.

### 3 Estimation de la pose 2D du robot

Les données acquises sont filtrées, les points rassemblés en clusters. Avec l'algorithme RANSAC, des modèles géométriques sont associés à ces clusters. Un filtre de Kalman permet de garder une trace des obstacles lorsqu'ils ne sont plus visibles. Connaissant *a priori* les distances entre les trains d'atterrissage et les réacteurs, leurs formes et leurs tailles, cf. figure 3, l'algorithme identifie ces éléments. Les distances entre ces derniers et le robot permettent de déterminer sa position.

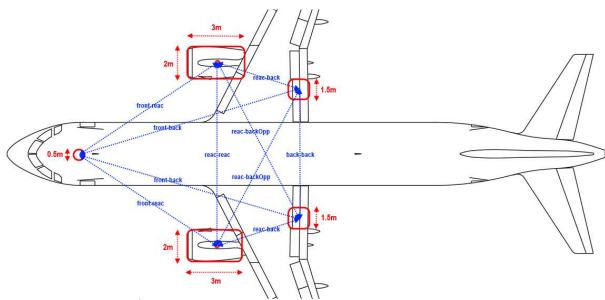


Figure 3 – Éléments servant à la pose 2D.

L'algorithme d'estimation de la pose 2D renvoie en temps réel une estimation de pose avec une erreur maximale pouvant aller jusqu'à 2 m. Les zones les plus difficiles pour se localiser correspondent à une position du robot trop éloignée de l'avion (peu de clusters visibles) et celles les plus faciles sont situées sous l'avion (visibilité de l'ensemble des clusters, trains d'atterrissage et réacteurs).

### 4 Conclusion et futurs développements

Dans cet article, deux méthodes de localisation à partir de données laser sont proposées pour estimer la pose d'une plateforme robotique par rapport à l'avion autour duquel elle évolue. Ces méthodes se sont révélées simples et efficaces dans le cadre du projet Air-Cobot.

La localisation laser est actuellement appliquée dans des environnements faiblement encombrés en obstacle. Les futures études porteront sur la faisabilité et la robustesse d'une telle approche dans des cas plus encombrés.

Une localisation basée vision est également possible. [4] Des fusions d'information entre les différentes modalités sont envisagées. Une intelligence artificielle arbitrant les différentes localisations est à l'étude. Des investigations sont menées pour utiliser les nappes lasers pour des tâches d'inspection. Par exemple, un balayage de haut en bas pourrait permettre de détecter la présence de cales devant les roues ou de loquets ouverts pour le réacteur, cf. figure 4.



Figure 4 – Train d'atterrissage et réacteur avec loquet ouvert, photographies prises par la camera PTZ.

### Remerciements

Air-Cobot (<http://aircobot.akka.eu>) est un projet FUI (Fonds Unique Interministériel) issu du pôle de compétitivité Aerospace Valley. Nous remercions le reste de l'équipe Air-Cobot AKKA Research et les autres partenaires du projet (Airbus Group, LAAS-CNRS, ARMINES, 2MoRO Solutions, M3 SYSTEMS et STERELA) pour leur aide et leur soutien. Les membres du projet remercient Airbus et Air France Industries de nous avoir donné accès à des avions pour effectuer nos acquisitions, ainsi que leur personnel qui nous a aidé lors de ces journées.

### Bibliographie

- [1] M. Futterlieb, V. Cadenat et T. Sentenac. A navigational framework combining Visual Servoing and spiral obstacle avoidance techniques. *Actes de la conférence ICINCO*, pp. 57-64, 2014.
- [2] J. Huang et S. You. Point cloud matching based on 3D self-similarity. *Actes de la conférence CVPRW*, pp. 41-48, 2012.
- [3] I. Jovančević, S. Larnier, J.J. Orteu et T. Sentenac. Automated exterior inspection of an aircraft with a pan-tilt-zoom camera mounted on a mobile robot, *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 24 (6), 2015.
- [4] I. Jovančević, I. Viana, T. Sentenac, J.J. Orteu et S. Larnier, Matching CAD model and images features for robot navigation and inspection of an aircraft, *Actes de la conférence ICPRAM*, pp. 359-366, 2016.
- [5] R. B. Rusu, N. Blodow et M. Beetz. Fast Point Feature Histograms (FPFH) for 3D registration. *Actes de la conférence ICRA*, pp. 3212-3217, 2009.
- [6] T. Villemot, S. Larnier et S. Vétault, Détection d'amers visuels pour la navigation d'un robot autonome autour d'un avion et son inspection, *Actes de la conférence RFIA*, 2016.