

Invitation à la soutenance de thèse

**AUGMENTATION DE LA RESOLUTION LATÉRALE D'IMAGEURS LASER 3D
PAR COMPRESSIVE SENSING**

**LATERAL-RESOLUTION ENHANCEMENT OF LOW-PHOTON 3D-LIDAR
BY COMPRESSIVE SENSING**

Erwan Viala

Le 9 octobre 2023 à 10h

ONERA – Auditorium Caroline Aigle
9 Av. Édouard Belin, 31055 Toulouse

Devant le jury composé de :

M. Bertrand LE SAUX	European Space Agency (ESA)	Rapporteur
M. Basarab ADRIAN	CREATIS, INSA de Lyon	Rapporteur
M. Jean-François AUJOL	Institut de Mathématiques de Bordeaux	Examineur
M. Nicolas RIVIERE	ONERA	Directeur de thèse
M. Laurent RISSER	Institut de Mathématiques de Toulouse	Directeur de thèse
M. Paul-Édouard DUPOUY	ONERA	Encadrant
M. Olivier MEYER	DGA Maîtrise de l'Information (MI)	Membre invité

Résumé

L'observation active à longue distance au-delà de 10 km à partir de systèmes embarqués infrarouges à 1550 nm est bénéfique dans de nombreuses applications. Les capteurs idoines sont constitués de matrices de type GmAPD et sont intégrés dans des systèmes actifs 3D à comptage de photons. Cependant leur résolution latérale est limitée à quelques centaines de pixels de grandes tailles par rapport au standard en imagerie passive.

Ainsi l'objet de cette thèse est l'amélioration de la résolution latérale de ces imageurs actifs 3D à comptage de photons. Pour cela une chaîne complète de traitement du signal a été développée (CRISPS-3D) afin d'appliquer le *Compressive Sensing* aux données 3D acquises.

Le *Compressive Sensing* permet d'augmenter la résolution de ces imageurs en limitant l'impact sur le taux de rafraîchissement induit par l'augmentation de la résolution en comparaison avec des méthodes de balayages traditionnelles. Actuellement, les méthodes de *Compressive Sensing* sont généralement limitées à l'imagerie passive ou active monopixel.

Une fois la chaîne CRISPS-3D définie pour des impulsions laser brèves, cette thèse porte sur son extension à un paradigme plus large. Une première étape consiste à prendre en compte des durées d'impulsions laser plus élevées pour maintenir une bonne résolution télémétrique tout en offrant la possibilité d'utiliser une gamme de sources laser plus exhaustive. La seconde étape concerne

l'adaptation du mouvement relatif des cibles et de la plateforme dans CRISPS-3D. Notons que peu d'études considèrent le mouvement pendant une acquisition modulée pour l'application du *Compressive Sensing*. Les effets potentiels sur la reconstruction sont parfois incertains et il est nécessaire de les appréhender pour pouvoir les corriger. Dans cette thèse, nous proposons une méthode de reconstruction en supposant que le mouvement est suffisamment régulier pour que l'on puisse l'estimer et le corriger localement même avec très peu d'acquisitions. Notre méthode est démontrée et validée pour des translations et des rotations dans les plans parallèles au plan focal de la caméra.

Les imageurs actifs 3D embarqués sont de plus en plus utilisés dans de nombreuses applications. La présente thèse expose une approche nouvelle dédiée au traitement de données d'imageurs actifs 3D à comptage de photons en tenant compte du mouvement. Notre méthode s'avère être particulièrement pertinente dans le cadre d'applications embarquées.

The observation is active at a long distance of 10 km from the infrared systems at 1550 nm and is suitable for many applications. The captureurs have built-in GmAPD type matrices and are integrated into the 3D active systems to compute the photons. The later resolution is limited to how many cents of pixels at the bottom of the tail are matched to the standard in the passive image.

Since this object is the amélioration of the later resolution of these 3D images and the compilation of photos. For this screen to complete the signal trait and develop it (CRISPS-3D) before applying the Compressive Sensing to 3D displays. The Compressive Sensing allows the resolution of these images to limit the impact on the frame to enable the resolution to compare with traditional balayage methods. Actuellement, the methods of Compressive Sensing are generally limited to the image passive or active monapixel. This 3D CRISPS-3D chain is designed for laser impulsions, this port comes with a large extension to a larger model. A preliminary step consists of prendre in computing the duration of high-level laser impulsions to maintain a better resolution to achieve maximum levels in order to avoid the possibility of using a game of high-exhaustible laser sources. The second step concerns the adjustment of movement of the cibles and the platform in CRISPS-3D. Notes that use the motion pendant with an acquisition module for the Compressive Sensing application. The effects of the reconstruction are particularly effective and it is necessary to apply it to the corriger. On this day, we propose a reconstruction method that supports the movement is suitable for the timer and the local corriger with more acquisitions. Our method is later and valid for translations and rotations in parallel plans with the camera focal plan. The 3D active images are most commonly used in many applications. This presently exposes a new application to the display of 3D images in the calculation of photos in the moving account. Our method will be displayed permanently in the cadre of embargoed applications.

Mots clés

Imagerie laser 3D, Compressive Sensing, Comptage de photons, LiDAR 3D, Télémétrie, Haute résolution.