



SECTION PHYSIQUE

TRAVAUX PRATIQUES 3

Détecteur d'objets orbitaux par caméra optique

Prototype de démonstration au sein du projet SSA

Manon BÉCHAZ
Baptiste CLAUDON
Jules ESCHBACH
Salomon GUINCHARD

2021

Résumé

Avec l'augmentation exponentielle des objets en orbite, la mise en place de méthodes de recensement et de catalogues est aujourd'hui essentielle. Ce travail s'attelle à démontrer la possibilité d'utiliser du matériel optique accessible au grand public pour la détection, depuis le sol, de ces objets en orbite. Trois montages avec différents matériels ont été testés, et se sont avérés pour deux d'entre eux à mêmes de détecter efficacement des traces de satellites. En parallèle, des algorithmes ont été développés pour traiter les images obtenues et en détecter automatiquement les traces, permettant le calcul automatique d'orbites et donc la mise en place d'un catalogue. Le traitement total des images s'est avéré à même de détecter correctement 22% des centres des traces observables, permettant d'obtenir 11 orbites sur les 117 images considérées pour l'étude statistique.

Table des matières

Introduction	3
1 Prototypes et obtention des images	4
1.1 Caméra	4
1.1.1 Caméras testées	4
1.1.2 Exemples d'images obtenues	5
1.1.3 Discussion et comparaison des caméras	5
1.2 Capteurs	6
1.3 Prototype complet	7
2 Traitement des images et obtention des orbites	7
2.1 Méthode	7
2.1.1 Traitement initial des images	7
2.1.2 Détection des lignes	8
2.1.3 Détection du centre des traces et de la position du satellite	9
2.1.4 Traces correspondant au même satellite	10
2.1.5 Détermination des orbites	10
2.2 Résultats et Discussion	10
2.2.1 Exemples de détection des traces et de leur centre	10
2.2.2 Statistiques	15
2.2.3 Importance du seuil de Hough et des paramètres empiriques - et a	17
Conclusion	18
A Spécifications des caméras et objectifs utilisés	21
B Prototype final : Montage	22
B.1 Montage	22
B.2 Schéma de l'ensemble du processus de commande de l'appareil photo	23
C Schéma de l'ensemble du traitement des images	25

Introduction

Si la conquête spatiale a réussi un exploit considérable en permettant l'apparition entre autres de nouveaux moyens de communication, cette dernière s'est accompagnée d'une pollution progressive et invisible des alentours terrestres. Depuis le début de la conquête spatiale en 1957, le nombre d'objets en orbite autour de la Terre ne fait ainsi qu'augmenter et ce sont aujourd'hui des milliers de débris spatiaux de quelques centimètres de diamètre à plusieurs mètres de large qui gravitent autour de notre planète [1]. Du fait de leur densité toujours plus importante, ces déchets constituent une menace grandissante aussi bien pour les satellites encore en fonction que pour les vols habités [2][3].

Si de nombreuses solutions sont en cours d'étude, force est de constater qu'aujourd'hui une des seules réponses à cette menace reste la prévision de la position des déchets et leur intégration aux calculs d'orbites des satellites, d'où la nécessité d'une classification complète et précise de ces derniers [4][5].

Par ailleurs, beaucoup de ces déchets (et notamment les plus problématiques de par leur taille) étant suffisamment importants pour être détectés depuis la Terre, la création de télescopes et d'algorithmes adaptés permettrait une première détection et classification des débris, depuis le sol [6]. Cependant, face à l'importance de la tâche de détection et classification (Environ 20'000 objets sont actuellement en orbite autour du globe [7]) associé au nombre limité d'observatoires pouvant être mis à contribution, la mise en place d'un catalogue complet s'avère de première approche complexe dans sa réalisation.

Pourtant, si de nombreux débris sont observables depuis le sol, parfois même à l'oeil nu, ne serait-il pas possible d'adapter les techniques astronomiques à du matériel grand public, accessible au plus grand nombre ? Si l'astrophotographie a su démontrer la possibilité d'observer de nombreux corps à l'aide d'un simple appareil photo, il semble dès lors envisageable d'utiliser des méthodes similaires dans le but de détecter les débris. L'idée serait alors de permettre par exemple la mise en place d'une base de données participative.

L'objectif de ce projet est dès lors double : à la fois démontrer la possibilité de détecter avec du matériel accessible débris et satellites et en parallèle déterminer les minimums matériels nécessaires à une détection et classification fiable. Le projet s'articule ainsi autour de deux parties.

Dans un premier temps, il s'agit d'obtenir des images exploitables où sont observées sous la forme de traces (lignes sur des images longue exposition) des satellites et/ou débris. Une méthode ascendante dans le choix des composants a été utilisée dans le but de définir les minimums nécessaires et de comparer les résultats de montages basiques avec ceux de montages plus complexes.

Ensuite il est aussi nécessaire d'être en mesure de fournir une méthode automatique de

traitement des images obtenues ne nécessitant aucune connaissance astronomique avancée. La seconde partie de ce projet s'attelle donc à la construction d'un algorithme de traitement efficace des données, en mesure de détecter sur les photos les traces, et d'en calculer les orbites des objets détectés, orbites pouvant par la suite être intégrées à une base de données globale.

1 Prototypes et obtention des images

L'objectif de la première partie de ce travail est l'obtention d'images exploitables, de manière la plus automatique possible. Il est par ailleurs nécessaire de pouvoir mesurer un certain nombre de paramètres tels que la position GPS ou encore l'orientation de la caméra, nécessaires au calcul d'orbite qui suivra. Le choix a été fait de travailler avec un Raspberry Pi comme ordinateur contrôlant caméra et capteurs.

1.1 Caméra

1.1.1 Caméras testées

Les spécifications de la caméra doivent permettre la prise de photo de nuit. Les caractéristiques sont ainsi similaires aux caractéristiques utilisées en astrophotographie. Sont donc nécessaires :

- un capteur le plus grand possible, avec des photosites de bonne taille,
- un objectif le plus ouvert possible,
- la possibilité de régler les ISO qui mesurent la sensibilité à la lumière,
- la possibilité de réaliser des images longue exposition (une dizaine de secondes environ).

La présence d'une mise au point manuelle est un plus. Du fait de l'objectif d'automatisation du système il est exigible de pouvoir commander la caméra directement depuis un ordinateur.

Le choix de l'objectif est tout aussi important. Ce dernier doit permettre la transmission du plus de lumière possible. Un grand angle est intéressant dans le but de pouvoir couvrir le plus de ciel possible.

Deux caméras et trois objectifs ont été testés, respectivement :

- La **Raspberry Pi HQ Camera** associée d'un objectif **Waveshare 6mm Wide Angle Lens**,
- Le **Sony P7** avec les objectifs **Sony FE 28-70 mm f/3.5-5.6 OSS** et **Sony FE 1.4/24 GM**

Les principales spécifications de ces caméras sont données dans l'annexe [A](#).



