

Travaux Pratiques Master 2 OSAE : construire un télescope spatial et évaluer ses performances

Lieu : IAS Bâtiment 121

Encadrant : Pierre Guiot (pierre.guiot@onera.fr)

1 Environnement de travail

Les activités d'AIT-AIV (Assemblage, Intégration, Test et Vérification) d'un système optique spatial ont presque toujours lieu dans un espace propre, dont la température, l'humidité et l'environnement particulière sont contrôlés. C'est également le cas pour les systèmes électroniques. C'est donc dans une salle blanche, de classe ISO 7, que vous réaliserez votre travail.

Selon vous, pourquoi ces préoccupations d'environnement sont importantes en optique ? Et en électronique ? Si les spécifications de propreté de l'instrument étaient encore plus importantes, quel autre espace de travail à votre disposition auriez-vous pu utiliser ?

En entrant dans la station d'étalonnage, vous avez pu remarquer la présence de plusieurs cuves à vide dans le hall de mesure ainsi que des équipements de cryogénie comme des tresses thermiques, de la MLI (Multi-Layer Insulation), et des circulations d'azote liquide. **Donnez au moins deux raisons pour lesquelles il est toujours nécessaire de tester un instrument spatial dans des conditions de vide poussé. De même, donnez au moins deux raisons pour lesquelles ces instruments sont très souvent cryogéniques.**

Pour maintenir cet environnement, quelques précautions doivent être prises. Vous serez notamment équipés de blouses, charlottes, sur-chaussures et gants pour réaliser ce TP. Tout le matériel qui entre en salle blanche doit être nettoyé à l'alcool et les crayons à papier sont interdits.

2 Montages optiques

Le but de ce TP sera de proposer des solutions, optiques et électroniques, permettant de répondre aux spécifications de performances de l'instrument définies par le PI (Principal Investigator) tout en respectant les contraintes de la mission données par le CNES et l'ESA.

Pour ce faire, vous aurez à votre disposition le matériel suivant :

- o Caméra CCD SBIG ST-2000 XM et son électronique de contrôle (masse 1 kg)
- o Lentille en Bk7 de diamètre 25.4 mm et de focale 100 mm (masse 600 g)
- o Miroir parabolique hors-axe en aluminium protégé de diamètre 50.8 mm et de focale 152.4 mm (masse 400 g)
- o Miroir plan en aluminium protégé de diamètre 50.8 mm (masse 200 g)
- o Table de rotation mécanique (masse 800 g)
- o Divers outils : jeu de clefs allen et mètre ruban
- o Matériel opto-mécanique : tiges, pieds, fixations, visserie

Pour mieux comprendre l'intérêt de chacun de ces éléments, vous pouvez répondre aux questions suivantes : **quelle est la gamme de sensibilité de la caméra ? La taille de ses pixels et de son capteur ? Quel est l'effet d'un miroir parabolique hors-axe sur des rayons lumineux incidents parallèles entre eux ? Laquelle des optiques proposées permet de collecter le plus de flux lumineux ? Quelle est la gamme de transmission du Bk7 et de l'aluminium ?**

3 Acquisition d'images

Le plan focal des différentes formules de télescope que vous proposerez devra permettre d'acquérir des images de l'objet à observer. Dans le cas d'un instrument classique l'électronique de lecture de ce plan focal et son logiciel de bord feraient l'objet de développements dédiés. Ici toutefois ces deux éléments seront issus du commerce, l'électronique étant celle de la caméra SBIG et le logiciel à utiliser étant CCD OPS.

Vous disposerez d'un PC d'acquisition sur lequel CCD OPS est installé. Après avoir branché l'alimentation de la caméra et son connecteur USB, vous pourrez l'allumer en utilisant le bouton I/O situé sur son transformateur et lancer le logiciel. La figure 1 est une capture d'écran de ce logiciel. Vous aurez accès dès le lancement à la barre de fonctions et vous devrez commencer par établir le lien de communication avec la caméra en cliquant sur l'icône identifiée (1) sur la figure 1.

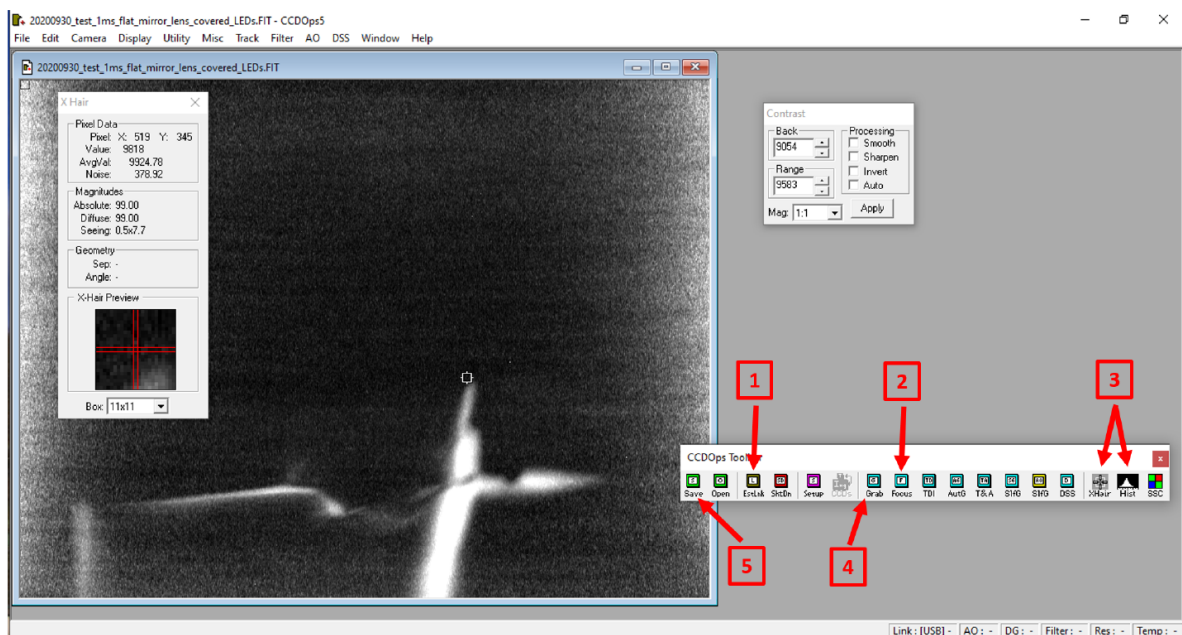


FIGURE 1 – Quelques fonctionnalités utiles de CCD OPS (SBIG Company7 software) sont repérées sur cette capture d'écran : (1) connexion à la caméra (2) acquisition simple d'images en continu (3) mesures de signal sur l'image (4) acquisition d'une image (5) enregistrement de l'image actuelle.

Lorsque vous cherchez à faire la mise au point de l'image sur le capteur il est recommandé d'utiliser la fonction (2) en utilisant un temps de pose court (le minimum est de 1 ms sur cette caméra). Ensuite pour acquérir une ou plusieurs images que vous souhaitez analyser, vous

pouvez utiliser la fonction (4) qui permet de régler bien plus de paramètres de la caméra, dont le binning et la température. Enfin, n'oubliez pas d'enregistrer au format standard des images astronomiques : le FITS (Flexible Image Transport System) avec la fonction (5).

4 Cahier des charges

La source lumineuse étant réglable en tension et courant, il est important de noter les valeurs choisies en début de journée de manière à ne pas saturer l'image obtenue dans le montage 1 puis les conserver tout le temps. Proposez et réalisez un ou plusieurs designs d'instrument répondant successivement aux 4 jeux de spécifications suivants :

- o Réalisez un instrument d'imagerie à distance, dans le domaine visible, d'une surface planétaire observée depuis l'orbite. Cet instrument sera intégré dans une sonde de petite taille et disposant de peu de surface de panneaux solaires, votre contrainte principale sera donc la compacité (< 20 cm dans les deux directions), la faible consommation, une masse ≤ 1.6 kg, et le faible espace mémoire de l'instrument (images < 1 Mo).
- o Les budgets de volume et de consommation ont été augmentés : les performances scientifiques passent au premier plan, vous devrez donc proposer une solution pour atteindre une meilleure résolution spatiale et un meilleur rapport signal à bruit. Toutefois on a toujours une contrainte de masse ≤ 1.6 kg.
- o Le mouvement orbital de la sonde est trop rapide pour la cadence d'acquisition de la caméra : proposez et réalisez un dispositif permettant de compenser ce mouvement. En revanche vous êtes maintenant libre de privilégier une solution économique ou les performances scientifiques selon ce qui vous a paru le plus intéressant à réaliser. La masse totale a été augmentée et doit être ≤ 2.6 kg.
- o Vous travaillez désormais sur l'instrument phare d'une mission de classe L, toutes les contraintes sont levées : à partir des avantages et inconvénients observés sur vos designs précédents, proposez une solution plus complexe mais offrant un maximum d'avantages. *Cette étape n'est pas obligatoire, en fonction du temps qu'il vous reste à la fin du TP.*

La mise au point de l'image sur le capteur de la caméra ne doit pas être une préoccupation majeure : vous devez obtenir une image raisonnablement nette à traiter mais il n'est pas nécessaire de passer beaucoup de temps à atteindre une mise au point parfaite.

5 Rapport de test

Ce rapport peut prendre la forme d'un simple "cahier de manip" mais le fond doit être aussi complet que possible. N'oubliez pas de bien l'illustrer, avec des images et des schémas. Il devra répondre à minima aux questions suivantes, pour chacune des solutions techniques que vous proposerez en réponse au cahier des charges :

- o Quel est le signal moyen obtenu ? Le rapport signal sur bruit ?
- o La mise au point est-elle facile à obtenir ? Pourquoi ?
- o Quelle est la taille image obtenue ? Calculez celle attendue.
- o Le design proposé pourrait-il être adapté au domaine IR ? Au domaine UV ?

- o Calculez la résolution spatiale théorique du design optique proposé.
- o Les performances obtenues sont-elles limitées par vos choix optiques ? Ou par la caméra ?
Ou par autre chose ?

Bien sûr ces réponses devront être précédées d'une description de la solution adoptée et de la démarche qui vous a amené à la choisir ainsi. Pour conclure sur chaque point du cahier des charges, vous êtes invités à discuter les performances obtenues par rapport à celles auxquelles vous vous attendiez, à suggérer des pistes d'amélioration et même à commenter la pertinence des spécifications par rapport à ce que vous savez d'un instrument spatial.