

## Avantages d'une Station de Réception Cubesat Située dans le Sud de l'Océan Indien

par Vincent DINNAT, Julie HOARAU, Lucas KERDONCUFF,  
Esteban DECLINE, Brice LAGARIGUE, Noann MONDON, Evan PIFFARELLY et Iannis POQUET

*Lycée Bois d'Olives, Saint-Pierre, Île de la Réunion*

The CRIS-LBO receiving station (Cubesat Reunion Island Station at Lycée de Bois d'Olives) currently under testing in Reunion Island will offer many advantages for the tracking and collection of data from cubesats, and especially interplanetary cubesats. Reunion is a beautiful island with a European advanced technological environment, located in the Indian Ocean, 21 degrees from the equator in the Southern Hemisphere, with a very favourable climate, well protected for operations. This is a geographical area with fewer stations than in the Northern Hemisphere, where often nobody else can see the satellites. The CRIS-LBO station covers a large part of the Indian Ocean and allows a greater extension of the receiving stations network on the surface of the globe, to obtain data that we can share with NASA, technological Universities and other organisations in the world. Our station offers many advantages. We can track cubesats and small satellites in low Earth orbit. With our setup, we can also envision communicating with the astronauts of the ISS. And most of all our station is located opposite to California and similar installations operated by JPL in southern California. The two reception sites are complementary for interplanetary cubesats, which will be visible from either station, depending on the orientation of the Earth. With this project, we can interact with students in other countries, do attractive learning and discoveries. With the experience that we are going to acquire, why not also build our own cubesat and send it to space to track its trajectory, make observations and measurements, collect information and data ? This may contribute to a worldwide recognition of space activities in our island and to its scientific fame. Locally, the CRIS-LBO station may even become an asset for a different kind of exponential tourism, both experiential and scientific.

**Key Words :** Reunion Island, Cubesat, NASA/JPL, Interplanetary, Tracking Station

### 1. Le CRIS-LBO aux antipodes de la station du JPL

La Réunion se trouve à l'opposé de la Californie, et la station de réception CRIS-LBO offre un avantage stratégique considérable : celui de compléter les installations similaires situées à Pasadena. Les deux zones de réception sont complémentaires pour les cubesats interplanétaires, qui sont en vue de l'une ou de l'autre quelle que soit l'orientation de la planète Terre par rapport au cubesat. (Fig. 1.)

Cette implantation remarquable sur une île qui fait partie de la Communauté Européenne et qui peut se prévaloir d'un environnement technologique de premier ordre est une grande opportunité pour servir les projets du JPL, mais aussi pour tous les opérateurs de cubesats dont le nombre et l'importance se multiplient considérablement d'année en année.

La station de réception de Cubesats CRIS-LBO, opérée par les élèves et la communauté éducative du Lycée de Bois d'Olives dans le sud de l'île, a aussi pour vocation d'être un moteur puissant pour le développement des activités spatiales régionales en pleine émergence à l'île de La Réunion.

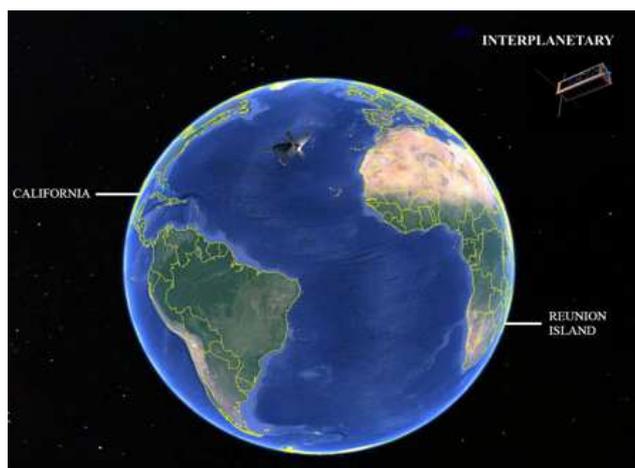


Fig. 1. : Situations respectives de la Californie et de La Réunion

3.

## 2. L'île de La Réunion, un site particulièrement favorable

La Réunion (Fig. 2.) est une île magnifique qui possède un territoire attractif composé de paysages exceptionnels et diversifiés et de sites naturels emblématiques, située dans l'hémisphère Sud dans l'océan Indien, au Nord du tropique du Capricorne entre Madagascar et Maurice. Le climat de la Réunion est favorable, tropical avec une courte période cyclonique sans grand risque pour une station de réception avec une bonne protection de l'antenne pour les opérations .



Fig. 2. : L'île de La Réunion

La Réunion est dotée des infrastructures les plus modernes, possède une forte croissance économique et dispose aussi des technologies les plus avancées. La station CRIS-LBO se trouve ainsi dans un environnement remarquable, au milieu d'une population qui approche le million d'habitants.

La Réunion est capable grâce à la station CRIS-LBO de couvrir une grande partie de l'océan Indien (Fig. 3.), ce qui nous permettrait de devenir la station de réception cubesat la plus importante de l'hémisphère sud.

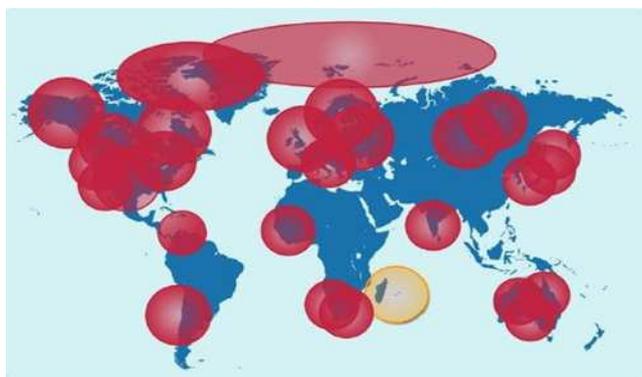
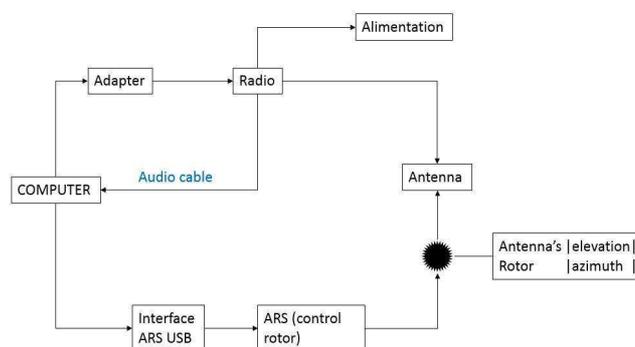


Fig. 3. : La couverture de la station CRIS-LBO  
Planisphère centré sur l'Europe et l'Afrique

## 3. La station CRIS, caractéristiques et couverture

### 3.1. Synopsis



### 3.2. Le matériel

L'élément le plus important de la station est sans doute l'antenne (Fig. 4.), montée sur un rotateur azimut-élévation et équipée d'un préamplificateur.



Fig. 4 : L'antenne de la station CRIS-LBO, avec son rotateur et son préamplificateur

Antenne : M2-436CP42UG 2x21 éléments  
 Rotateur : Yaesu G-5500 Azimuth & Elévation  
 Préamp : MKU-LNA-432-A - Kuhne  
 Feeder line : 50 ohm environ 10 mètres

Notre station (Fig. 5.) est assez simple. Elle possède un boîtier de contrôle du rotateur et une interface de contrôle externe. Elle dispose d'un émetteur-récepteur multibande et d'un ordinateur avec un accès à Internet.



Fig. 5. : Le matériel de la station CRIS-LBO.

Rotator Remote Control : Yaesu G-5500  
 External Control Interface : EA4TX-ARS-USB  
 Multiband Transceiver : HF/UHF/VHF Kenwood TS-2000  
 Power Supply : HQ Power PS1330 – 13.8 volt – 30 amp  
 PC Intel Core i3-4130 CPU @ 3.40 Ghz - 64 bits  
 OS Windows 7 Pro – SP1 – 2009

### 3.3. Les logiciels

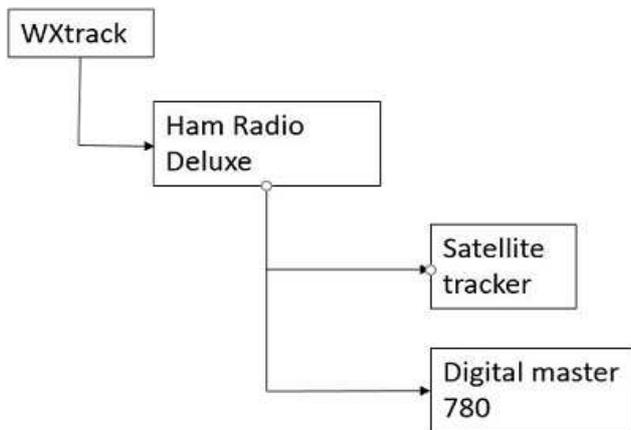


Fig. 6. : Les logiciels utilisés pour suivre les satellites

Pour faire fonctionner la station, nous utilisons différents logiciels (Fig. 6.) en fonction de leur utilité.

Nous commençons par mettre à jour la base de données TLE (Two Lines Elements) de chaque logiciel car les données des satellites ne sont généralement valables qu'une semaine.

Ensuite, nous utilisons Wxtrack qui nous permet de savoir où se situent les satellites. Le logiciel peut contrôler le rotateur de l'antenne et l'orienter grâce à l'interface ARS-USB.

Une fois le pilotage de l'antenne réglé, c'est le logiciel Ham Radio Deluxe qui prend le relais pour contrôler la radio depuis l'ordinateur. Il nous donne accès aux divers boutons et fonctions déjà présents sur la radio mais a divers avantages. Pour commencer, il offre beaucoup plus de précision vu que nous pouvons directement taper les fréquences sur le clavier, mais surtout le logiciel envoie automatiquement la correction du Doppler qui fait varier la fréquence durant le passage du satellite.

Pour introduire les paramètres et traiter les données reçues nous utilisons "Satellite tracker" et "Digital master 780".

Le premier sert à afficher la fréquence du cubesat qui passe. A partir de la base de données, il prend en compte différentes corrections ajoutées ou non par l'utilisateur ainsi que l'effet Doppler, et il calcule la fréquence à utiliser.

Le second logiciel traite les données reçues et les traduit en fonction du type de données : images, texte, son, et données associées afin de pouvoir les utiliser au mieux.

### 3.4. Couverture de la station CRIS-LBO

Cette station de réception CRIS-LBO peut suivre les satellites passant dans une zone qui dépend de leur altitude. Les plus intéressants sont les cubesats et les satellites en orbite basse. La station peut recevoir les signaux dans la bande UHF (435 MHz). Après avoir ajouté une antenne en bande VHF nous pourrions aussi communiquer avec la station spatiale ISS.

Cette station de réception et de récupération de données satellites est située au Lycée Bois d'Oliviers. Elle peut couvrir une grande partie de l'Océan Indien. Sa présence à La Réunion est un avantage dans la récupération de données pour les opérateurs de satellites.

Son emplacement est idéal étant donné que très peu de stations de réception se trouvent dans l'hémisphère Sud, particulièrement dans l'Océan Indien, beaucoup moins que dans l'hémisphère Nord (Fig. 7.).

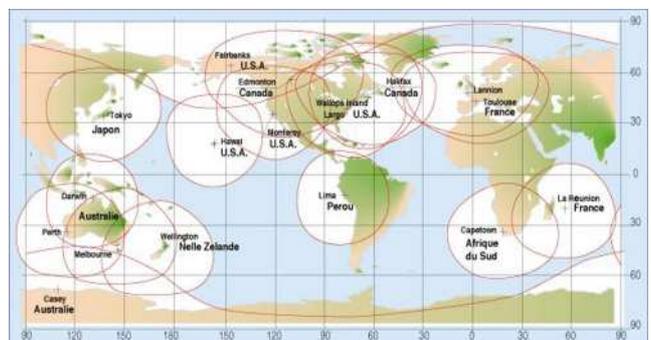


Fig. 7. : La couverture de la station CRIS (Planisphère centré sur les Amériques) ↑ ↑

#### 4. Les cubesats - une technologie émergente

Un cubesat (Fig. 8.) est un satellite simple et peu coûteux à construire. Il fait à peine la taille d'une boîte à chaussures et peut être lancé en orbite plusieurs à la fois. La fusée russe Dnepr a par exemple lancé une grappe d'une trentaine de cubesats. On peut mettre à l'intérieur diverses choses (plantes, objets, liquides...). Un cahier des charges mis à jour régulièrement par les créateurs du standard définit précisément les caractéristiques externes et certaines caractéristiques internes, pour des raisons de sécurité et pour les tests auxquels les développeurs doivent satisfaire avant le lancement.

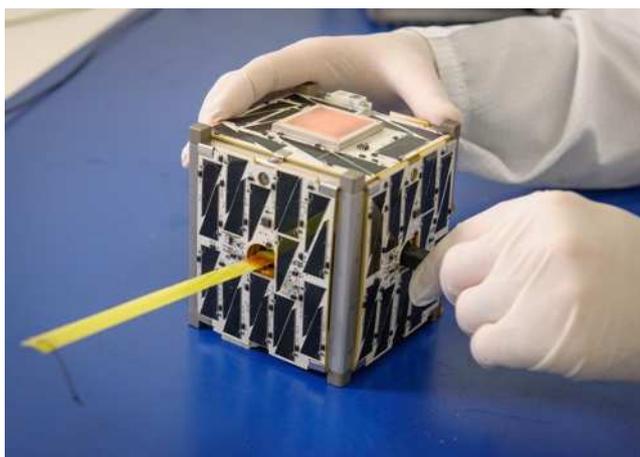


Fig. 8. : Un cubesat typique

Comme le dit l'ingénieur Robert Staehle du JPL : « The only limit of what we can put in a cubesat is science and your imagination ». La station de réception CRIS-LBO peut récupérer les informations envoyées par ces satellites lorsqu'ils passent dans sa zone d'acquisition.

#### 4.1. La multiplication des cubesats

Aujourd'hui les cubesats se multiplient de plus en plus depuis leur création en 2003. Car la standardisation et la miniaturisation des satellites, en n'emmenant que le strict minimum, a permis de lancer à un coût bien moins élevé des centaines de nano-satellites dans l'espace .

De plus on peut en envoyer plusieurs avec un seul lanceur. On peut citer la fusée indienne PSLV qui a envoyé en plus d'un satellite d'observation, 104 cubesats dans l'espace. L'Inde a par la même occasion établi un record du nombre de satellites envoyés en même temps.

D'abord construits par des universités dans un but éducatif, les cubesats sont maintenant utilisés par les centres de recherche avec souvent une seule expérience à bord.

Mais de plus en plus, les cubesats vont être mis en orbite dans des buts opérationnels, en grande quantité, plusieurs centaines sont prévus dans les prochaines années.

#### 4.2. Les cubesats interplanétaires

En 2018 le Jet Propulsion Laboratory (JPL) a prévu de lancer les deux premiers cubesats interplanétaires de dimension 6U pour la mission MarCO (Mars Cube One). Ils serviront de relais de communication entre la Terre et l'atterrisseur InSight sur la planète rouge. Le lancement devait avoir lieu en mars 2016 mais il a été retardé en raison de problèmes avec InSight.

Le JPL travaille en ce moment avec l'école polytechnique de San Luis Obispo sur un satellite interplanétaire du nom de INSPIRE (Interplanetary Nano Spacecraft Pathfinder In Relevant Environment) (Fig. 9.) qui a pour mission d'explorer et de découvrir de nouvelles frontières spatiales en allant vers la lune, des astéroïdes, des comètes, Phobos ou pourquoi pas Europa. Ce satellite prouvera que les nano-satellites peuvent aussi voyager dans l'espace lointain.

Un autre exemple de projet interplanétaire en préparation au JPL, avec un cubesat 3U, est le Lunar Flashlight (Fig. 10.)

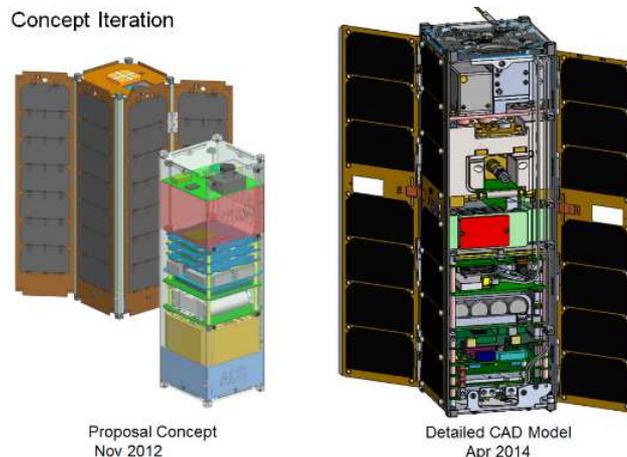


Fig. 9. : Images du cubesat INSPIRE

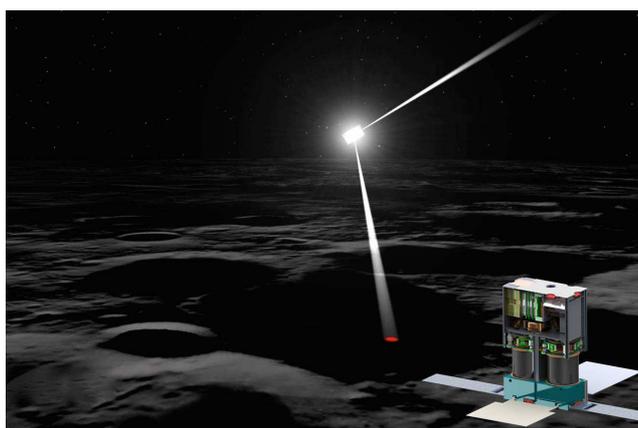


Fig. 10. : Le projet Lunar Flashlight

## 5. Une opportunité pédagogique exceptionnelle

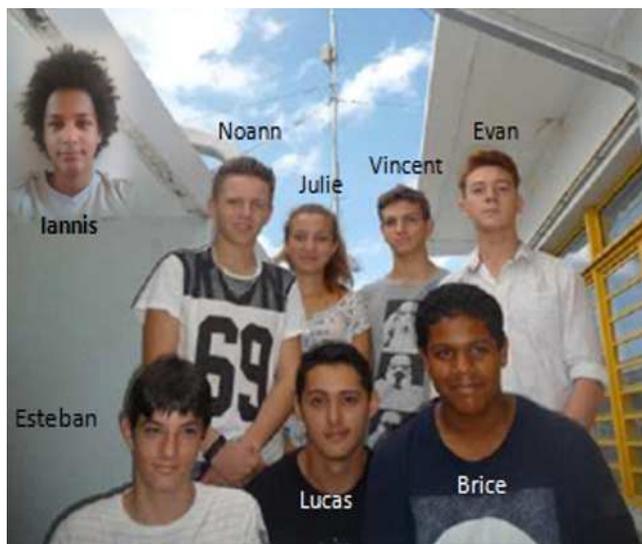


Fig. 11. : L'équipe de la station CRIS-LBO  
Tous volontaires, pleins de projets d'avenir.

Ce projet est pour nous une énorme opportunité, aussi bien du point de vue professionnel que pédagogique. Nous sommes huit étudiants du Lycée Général/Technique de Bois d'Olives (Fig. 11.) participant au projet CRIS (Cubesat Reunion Island Station), accompagnés de nos deux professeurs de science et de technologie et d'un ancien membre du Comité Education de l'IAF, la Fédération Internationale d'Astronautique, qui a travaillé au Japon. Nous avons pu rencontrer des ingénieurs et personnalités importantes qui tous nous ont soutenus et aidés tout au long de notre travail.

Ces accompagnateurs pleins de ressources ont été entièrement prêts à nous aider à intégrer le monde de l'espace. Nous avons pu approfondir nos connaissances lors de cours donnés par ces ingénieurs, même si cela n'a pas toujours été évident pour nous de coordonner ces cours et les réunions avec nos emplois du temps scolaires. Mais parce que les satellites ne fonctionnent pas que de 7h30 à 17h, l'administration du lycée a donné aux élèves de notre groupe un accès 24h/24 - 7j/7 à la salle de contrôle du CRIS-LBO.

Avec tout cela, nous avons pu en apprendre davantage sur tout ce qui est lié au spatial, et qui pourra être utile à ceux d'entre nous qui ont l'intention de poursuivre plus tard des études dans ce domaine.

### 5.1. Une ouverture sur le monde

Avec ce projet, nous pouvons interagir avec des étudiants d'autres pays et nous enrichir avec beaucoup d'apprentissage et de nouvelles découvertes attractives.

Cette année nous participons à deux grands congrès spatiaux mondiaux : l'ISTS2017 et l'IAC2017. (Fig. 12.)



Fig. 12. : Les congrès spatiaux : ISTS au Japon et IAC en Australie

Le voyage Réunion - Japon a été long car il n'y a pas moins de 10 750 km entre les deux lieux. Il nous a fallu plus d'une journée d'avion. Nous sommes ici à Matsuyama, Ehime, où l'ISTS (International Symposium on Space Technology and Science) a pour thème principal cette année « Open up a new age of space discovery ». Les nouveaux projets d'exploration spatiale et les résultats de recherches y sont présentés par des ingénieurs et des scientifiques. C'est une bonne opportunité pour découvrir la nouvelle ère des activités spatiales.

Les autres élèves du groupe CRIS vont participer à la conférence IAC à Adélaïde en Australie en septembre.

En poursuivant notre travail, nous pourrions acquérir encore plus d'expérience et enrichir notre savoir sur le spatial. Cela nous permettra aussi d'avoir des contacts avec des personnes avec qui nous pourrions échanger. Pour certains d'entre nous, cela pourra nous permettre de trouver de nouvelles propositions d'avenir et de nous découvrir des vocations.

Après l'expérience que nous allons acquérir, pourquoi ne pas aussi construire nous-mêmes notre propre cubesat et l'envoyer dans l'espace pour suivre sa trajectoire, faire des observations, des mesures, recevoir et utiliser ses données ?

### 6.2. Une expérience à partager

Etant donné que nous sommes encore en première, nous pourrions l'année prochaine, partager avec les futurs élèves toutes nos connaissances et tout ce que nous avons pu apprendre au cours de cette année. Et pourquoi pas, plus tard, le lycée pourrait en faire une matière optionnelle que les élèves de Bois d'Olives pourront choisir en plus des heures de cours classiques. Ils apprendront à leur tour à utiliser la station et tout ce qui la concerne. Par conséquent, même lorsque nous aurons quitté le lycée pour poursuivre nos études, d'autres élèves volontaires pourront prendre notre place et continuer à faire tourner la station après notre départ du lycée.

Notre expérience pourra aussi être partagée avec les entreprises de La Réunion et finalement, une expérience de cette ampleur nous ouvrira de nombreuses portes dans nos projets d'avenir, notamment dans des carrières scientifiques.

## 6. Un atout pour le développement de La Réunion

Installer une station de réception à La Réunion est une grande opportunité qui va contribuer à faire connaître notre île mondialement dans le secteur des activités spatiales.

La Réunion possède la compétence de développer ce nouveau secteur grâce à ses nombreux atouts et à la qualité de ses infrastructures.

Au fur et à mesure des années, la Réunion connaît une économie plus active, qui se développe constamment, ce qui avantage la productivité et les évolutions technologiques.

Par exemple, au Sud-ouest de notre île où est situé Grand-Bassin, il y a un projet de transport d'énergie sans fil pour transformer de l'électricité produite par les centrales de La Réunion en énergie électromagnétique pour l'envoyer entre des antennes et finalement la reconvertir en énergie électrique.

Le projet de lancer un centre spatial à la Réunion est aussi prévu. Il se trouverait au Sud de l'île à Pierrefonds qui est tout près de Saint-Pierre. Le but serait de développer de manière importante l'activité spatiale avec des vols paraboliques, puis avec le lancement de cubesats et de nanosatellites à des coûts considérablement réduits.

A l'avenir, la station pourra également attirer des scientifiques qui voudront peut-être y faire des recherches. Localement la station CRIS-LBO pourrait même devenir un élément d'un tourisme différent, expérimental par son aspect concret, voire exponentiel en raison du développement considérable des activités spatiales et scientifiques qui feront appel à cette station. Si nous continuons à développer les activités spatiales de La Réunion (Fig. 13.), cela favorisera une meilleure reconnaissance de notre île et contribuera à sa renommée scientifique.



Fig. 13. : Projets spatiaux dans le sud de La Réunion.

## 7. Remerciements

Tous nos remerciements aux professeurs qui nous ont accompagnés, en particulier Fabrice Maillard, François Calpetard et Guy Pignolet, ainsi qu'à l'astronaute Jean-Jacques Favier qui soutient nos travaux depuis l'ISU.

Merci à l'équipe des ingénieurs RiSi, Reunion Island Space Initiative : Louis Olivier, Angélique Verrecchia et Guilhem Soulier. Merci aussi à nos amis américains Robert Staehle, Benjamin Malphrus et Robert Knoll qui ont partagé avec nous leur considérable expérience.

Merci à l'équipe de direction du Lycée qui nous a aidés dans l'organisation du voyage au congrès ISTS, ainsi qu'au Rectorat de La Réunion, à la Ville de St Pierre, à Science-Sainte-Rose, et à la Caisse du Crédit Agricole de Saint-Pierre qui de diverses manières soutiennent notre projet.

Merci encore à Air Austral, à SAT Systems et à l'ESIROI pour la fourniture et le prêt du matériel de la station CRIS.

## 8. Contacts

Email : <[cris-lbo@science-sainte-rose.net](mailto:cris-lbo@science-sainte-rose.net)>

### Adresse Postale :

Station CRIS-LBO  
Lycée de Bois d'Olives - 97432 Ravine des Cabris  
La Réunion – France – Union Européenne

Le CRIS-LBO a aussi son propre logo (Fig. 14.) :



Fig. 14. : Un petit point rouge sur le "pale blue dot" dans l'espace.