

## Année 2017-2018

### Sujets d'Initiation à la Recherche

#### M1 SIA-AMS

##### Sujets proposés :

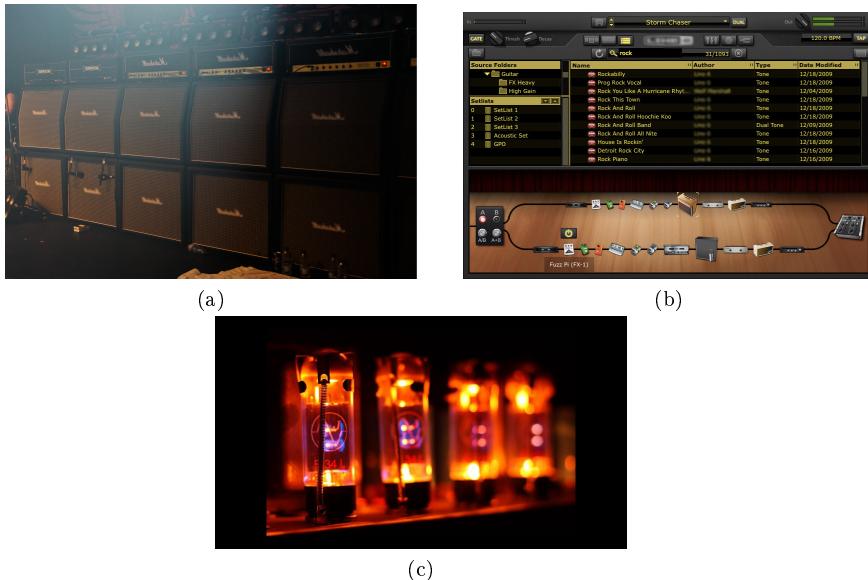
1. Modélisation et implémentation d'une chaîne d'amplification et de haut-parleur audio. **Encadrant** : S. Rebeyrol
2. Développement en série de Fourier et synthèse musicale. **Encadrant** : H. Carfantan
3. Imagerie Topographique et transformée de Fourier. **Encadrant** : H. Carfantan
4. Implémentation d'un algorithme d'estimation de la température de surface et de l'émissivité à partir d'images en télédétection optique infrarouge thermique.  
**Encadrant** : A. Michel
5. Analyse spectrale d'images satellites pour une étude multi-échelle. **Encadrant** : M. Neuhauser
6. Estimation du flot optique dans une séquence d'images. **Encadrant** : A. Herbulot
7. Estimation du mouvement dans une séquence vidéo pour la détection d'objets en mouvement. **Encadrant** : A. Herbulot
8. Séparation spectrale de sources astrophysique dans le cadre de la mission spatiale Euclid. **Encadrant** : T. Grégoire

# Travail Encadré de Recherche : Modélisation et implémentation d'une chaîne d'amplification et de haut parleur audio

Traditionnellement, les musiciens, notamment les guitaristes, amplifient leurs instruments. Ces amplificateurs comprennent un étage de pré-amplification qui doit modeler, une amplification en puissance et un haut parleur. Historiquement, ces amplis utilisent des "lampes" qui permettent la pré-amplification et l'amplification et apportent un grains sonore très particulier, notamment lorsque l'on augmente le gain. Il en est de même pour les hauts-parleurs qui apportent leurs influences sur le rendu sonore final. Cependant, à l'époque du tout numérique, de plus en plus de solutions existent pour simuler cette chaîne et ainsi avoir un rendu similaire dans un casque. Cela permet non-seulement de s'affranchir des bruits présents dans les installations électriques, mais permet également un gain de place conséquent. Dans un premier temps, une étude bibliographique sera réalisée pour étudier les différentes méthodes de modélisation des lampes [1, 2], puis des haut-parleurs. Une implémentation numérique en code interprété sera réalisée et permettra de proposer un protocole expérimental, dans le but de retrouver des paramètres du modèle étudié à partir d'une autre simulation de lampe (boîte noire) et d'un haut parleur (également issue d'une autre simulation). Enfin, si le temps le permet, une implémentation temps-réel en langage C et grâce au serveur de son Jack pourra être envisagé.

Les étudiants pourront contacter Simon Rebeyrol, en charge du sujet, à l'adresse e-mail suivante :

[simon.rebeyrol@univ-tlse3.fr](mailto:simon.rebeyrol@univ-tlse3.fr)



## Références

- [1] J. Pakarinen and D. T. Yeh, "A review of digital techniques for modeling vacuum-tube guitar amplifiers," *Computer Music Journal*, vol. 33, no. 2, pp. 85–100, 2009.
- [2] J. Macak and J. Schimmel, "Real-time guitar tube amplifier simulation using an approximation of differential equations," in *Proceedings of the 13th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx'10)*, 2010.
- [3] J. D. Reiss and A. P. McPherson, *Audio Effects*, ch. Overdrive, distortion and fuzz, pp. 167–168. CRC Press, 2015.

## Projet d'Initiation à la Recherche

### Développement en série de Fourier et synthèse musicale

Le développement en série de Fourier (DSF) d'un signal périodique est un outil mathématique très utile pour la représentation fréquentielle de tels signaux. On s'intéresse ici à son utilisation pratique, tant pour l'estimation de paramètres de DSF de signaux réels que pour la synthèse de notes de musique.

Pour l'analyse de signaux réels, par exemple de notes de musiques, on peut aisément imaginer estimer les paramètres de la décomposition en série de Fourier d'un tel signal par moindres carrés. Lorsque la fréquence fondamentale (ou la période) du signal est connue, on rentre directement dans le cadre des modèles linéaires en les paramètres et l'utilisation classique des moindres carrés. Dans le cas où cette fréquence est inconnue, on peut utiliser la technique des moindres carrés en cherchant, sur une grille de fréquences, la fréquence minimisant le critère quadratique de fidélité aux données ; puis estimer les amplitudes par moindres carrés.

Pour la synthèse de notes de musique, on peut simplement générer des sons en utilisant les coefficients de Fourier estimés à partir de signaux réels. Néanmoins, l'oreille n'est pas uniquement sensible au contenu fréquentiel (timbre) des notes mais également à leurs caractéristiques temporelles (attaque, déclin, maintien et relâchement...). Pour cela, on peut fenêtrer le signal périodique généré à partir des coefficients de Fourier. On doit également pouvoir à partir d'un DSF, changer la hauteur de la note et donc à partir d'un seul développement en série de Fourier générer toute une gamme...

L'objectif de ce projet est de découvrir les deux aspects du problème (analyse et synthèse) et de mettre en œuvre de tels algorithmes. Le projet débutera par une brève recherche bibliographique sur les méthodes de synthèse de notes de musique.

Encadrant : Hervé Carfantan

Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie,  
Observatoire Midi-Pyrénées,  
14 Avenue Édouard Belin, 31400 Toulouse  
Tél : 05 61 33 28 81  
Mél : [Herve.Carfantan@irap.omp.eu](mailto:Herve.Carfantan@irap.omp.eu)

## Projet d'Initiation à la Recherche

### Imagerie Tomographique et transformée de Fourier

La tomographie est une technique d'imagerie, très utilisée en imagerie médicale, ainsi qu'en géophysique, en astrophysique et en mécanique des matériaux. Cette technique permet de reconstruire le volume d'un objet à partir d'une série de mesures effectuées par tranche depuis l'extérieur de cet objet. Ainsi, en Tomographie à rayon X pour l'imagerie médicale, les rayons X sont atténués par les corps qu'ils traversent, avec une atténuation liée à la densité des matériaux. On recueille donc des données qui sont proportionnelles à l'intégrale de la densité, ce qui se modélise mathématiquement par la transformée de Radon.

Un des objectif est alors, à partir d'un ensemble de mesures pour des angles d'observations distincts, de reconstruire une image correspondant à une carte de densité du corps observé. On peut pour cela s'appuyer sur la transformée de Fourier par l'intermédiaire du *Fourier Slice Theorem* qui lie la transformée de Fourier des données à un échantillonnage irrégulier de la transformée de l'image désirée.

L'objectif de ce projet est d'étudier et de mettre en œuvre sous Matlab différentes méthodes de reconstruction d'images pour un tel problème, en particulier, certaines méthodes s'appuyant sur l'interpolation de la transformée de Fourier de l'image.

Encadrant : Hervé Carfantan

Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie,  
Observatoire Midi-Pyrénées,  
14 Avenue Édouard Belin, 31400 Toulouse

Tél : 05 61 33 28 81

Mél : [Herve.Carfant@irap.omp.eu](mailto:Herve.Carfant@irap.omp.eu)

## Master 1 SIA-AMS : *Travaux d'Etudes et de Recherche* : Implémentation d'un algorithme d'estimation de la température de surface et de l'émissivité à partir d'images en télédétection optique infrarouge thermique

Les villes concentrent 54% de la population mondiale et les estimations prévoient une hausse de la densité de la population urbaine à 66 % pour 2050 [1]. Qui plus est, une étude récente prévoit dans un de ses scénarios critiques une hausse des températures dans les villes de 7°C d'ici la fin du siècle [7]. Cette hausse de température est non seulement liée au réchauffement climatique mais est surtout accentuée dans les villes par la présence de ce que l'on appelle l'effet d'Ilot de Chaleur Urbain (ICU), qui est défini comme la différence de température entre la zone urbaine et la zone rurale environnante. En effet, le climat urbain est dû à de nombreux facteurs : structure 3D et très hétérogène (présence de hauts bâtiments, quartiers résidentiels ou industriels, parcs ...), large abondance de matériaux imperméables à forte inertie thermique, réduction des surfaces végétalisées, trafic routier, dispositifs de chauffage et de climatisation ... [14, 17, 6]. En termes de conséquences, cette haute variabilité climatique au sein de la ville et ces températures urbaines élevées entraînent notamment une hausse de la pollution atmosphérique, une variation du climat à l'échelle régionale et des enjeux de santé publique (troubles du sommeil, mortalité) [11, 9, 5, 3]. Une étude parue en 2017 stipule que 30% de la population mondiale est actuellement exposée au risque de mortalité lié aux vagues de chaleur et présente une hausse de ce risque de 48 % à 74% d'ici 2100, avec une exposition au risque plus importante dans les zones urbaines [13].

En télédétection, on parle plutôt d'Ilot de Chaleur Urbain de Surface (ICUS) car ce n'est pas la température de l'air qui est mesurée mais la température de surface (*LST* pour *Land Surface Temperature*). Ce paramètre clé dans l'étude des ICUS est indirectement mesurable par télédétection optique aéroportée et/ou satellite à travers des mesures de luminances dans le domaine spectral de l'infrarouge thermique (LWIR pour *Long Wave InfraRed* [8-14] $\mu$ m) [16, 18]. Des études montrent la contribution de la télédétection pour caractériser les ICUS et les algorithmes appropriés pour effectuer la correction atmosphérique et estimer la *LST* tels que le *Split-Window* et le *TES* (*Temperature Emissivity Separation*) [15, 18, 12].

En particulier, le *TES* permet d'estimer la température de surface et l'émissivité au sein du pixel d'une image. Cet algorithme est composé de trois modules : le *NEM* (*Normalized Emissivity Method*), le *RATIO* et le *MMD* (*Maximum Minimum Difference*). Il a été implémenté pour récupérer la température de surface et l'émissivité des images de l'instrument ASTER qui comprenait 5 bandes spectrales dans l'infrarouge thermique. Depuis, cet algorithme a notamment été utilisé pour l'étude de l'ICUS de Madrid [4].

Les objectifs du *TER* sont donc :

- Implémentation de l'algorithme *TES* à partir de la publication de référence [8]. Le langage de programmation pourra être Matlab ou Python. Des tests sur la réalité physique des paramètres estimés devront être nécessairement ajoutés : en effet la température de surface et l'émissivité ne peuvent être négatives ou complexes.
- Application sur des images en luminance : deux images aéroportées prises de jour et de nuit sur une portion de la ville de Madrid dans 3, 4 et 7 bandes spectrales seront fournies ainsi que les coefficients atmosphériques pour effectuer la correction atmosphérique. Une comparaison avec des images en température de surface sera effectuée [2].
- Comparaison avec un autre code qui effectue également le *TES* mais de manière simplifiée pour comparer les performances et les coûts de calcul [10]. Le code sera fourni et non à implémenter.

Des réunions d'avancement seront à prévoir régulièrement par les étudiant-es. Ce *TER* permettra d'aborder un champ d'application de traitement de données et d'images en lien avec le parcours "Spatial" en M2 SIA-AMS.

**Contact :** Aurélie Michel : [aurelie.michel@onera.fr](mailto:aurelie.michel@onera.fr).

**Publication associée à récupérer :**

- A. Gillespie, S. Rokugawa, T. Matsunaga, J. S. Cothern, S. Hook and A. B. Kahle, "A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 36, no. 4, pp. 1113-1126, Jul 1998.doi : 10.1109/36.700995

## Références

- [1] World urbanization prospects. Technical report, United Nations, 2014.
- [2] K. Adeline, A. Michel, X. Briottet, J. P. Lagouarde, and J.A. Sobrino. Challenges of the franco-indian multispectral thermal spatial mission for urban heat islands monitoring. RAQRS : Recent Advances in Quantitative Remote Sensing, September 2017.
- [3] G Brucker. Populations vulnérables : les lecons de la canicule de l'été 2003 en europe. *Eurosurveillance*, 10(2), 7 2005.
- [4] Rosa Oltra Carrio. *Thermal Remote Sensing of Urban Areas. The case study of the Urban Heat Island of Madrid*. PhD thesis, Universitat de Valencia, 2013.
- [5] P. J. Crutzen. New Directions : The growing urban heat and pollution “island” effectimpact on chemistry and climate. *Atmospheric Environment*, 38 :3539–3540, 2004.
- [6] Catherine Dubois. *Adapter les quartiers et les bâtiments au réchauffement climatique : une feuille de route pour accompagner les architectes et les designers urbains québécois*. PhD thesis, Universitat de Laval, 2014.
- [7] Francisco Estrada, W. J.Wouter Botzen, and Richard S.J. Tol. A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nature Climate Change*, 7(6) :403–406, 6 2017.
- [8] A. Gillespie, S. Rokugawa, T. Matsunaga, J. S. Cothern, S. Hook, and A. B. Kahle. A temperature and emissivity separation algorithm for advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (aster) images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4) :1113–1126, Jul 1998.
- [9] Huff. Urban, topographic and diurnal effects on rainfall in the st. louis region. *Journal of Applied Meteorology*, 17(5) :565–577, 1978.
- [10] Frédéric Jacob, Audrey Lesaignoux, Albert Olioso, Marie Weiss, Karine Caillault, Stéphane Jacquemoud, Françoise Nerry, Andrew French, Thomas Schmugge, Xavier Briottet, and Jean-Pierre Lagouarde. Reassessment of the temperature-emissivity separation from multispectral thermal infrared data : Introducing the impact of vegetation canopy by simulating the cavity effect with the SAIL-Thermique model. *Remote Sensing of Environment*, 198 :160–172, 2017.
- [11] Landsberg. Concerning possible effects of air pollution on climate. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 57(2) :213–218, 1976.
- [12] Zhao-Liang Li, Bo-Hui Tang, Hua Wu, Huazhong Ren, Guangjian Yan, Zhengming Wan, Isabel F. Trigo, and José A. Sobrino. Satellite-derived land surface temperature : Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131(Supplement C) :14 – 37, 2013.
- [13] C. Mora, B. Dousset, I. R. Caldwell, F. E. Powell, R. C. Geronimo, C. R. Bielecki, C. W. W. Counsell, B. S. Dietrich, E. T. Johnston, L. V. Louis, M. P. Lucas, M. M. McKenzie, A. G. Shea, H. Tseng, T. W. Giambelluca, L. R. Leon, E. Hawkins, and C. Trauernicht. Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change*, 7 :501–506, July 2017.
- [14] T. R. Oke. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455) :1–24, 1982.
- [15] José A. Sobrino, Juan C. Jiménez-Muñoz, Pablo J. Zarco-Tejada, Guadalupe Sepulcre-Cantó, and Eduardo de Miguel. Land surface temperature derived from airborne hyperspectral scanner thermal infrared data. *Remote Sensing of Environment*, 102(1–2) :99 – 115, 2006.
- [16] J.A Voogt and T.R Oke. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3) :370 – 384, 2003. Urban Remote Sensing.
- [17] James Voogt. *Urban Heat Islands*, volume 3, pages 660–666. John Wiley & Sons, 2000.
- [18] Qihao Weng. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies : Methods, applications, and trends. *{ISPRS} Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4) :335 – 344, 2009.

## Travaux d'Etudes et Recherche

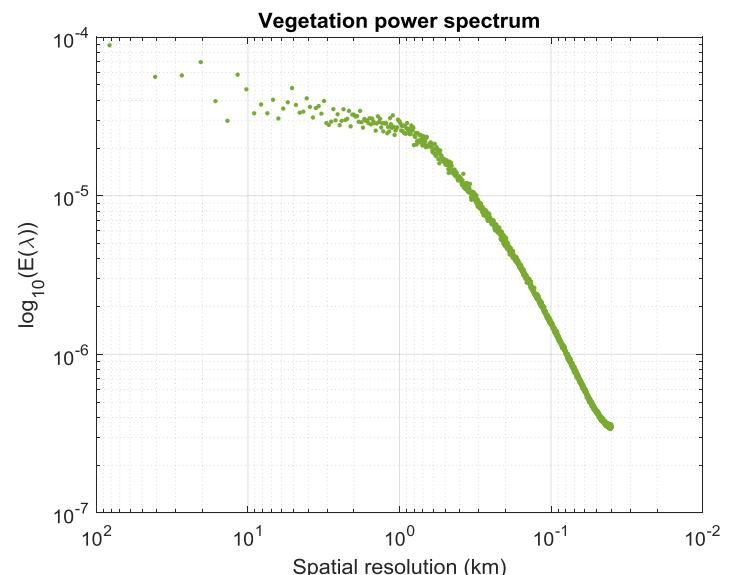
### Analyse spectrale d'images satellites pour une étude multi-échelle

L'analyse spectrale est une technique souvent utilisée en géophysique pour étudier le comportement sur plusieurs échelles de phénomènes naturels tels que la végétation, l'humidité du sol ou encore la température de surface. Les satellites permettent de mesurer ces variables sur une large gamme d'échelles, allant de l'échelle globale (continent) à l'échelle plus locale (parcelle agricole). En calculant le spectre d'une image satellite, il est possible d'observer l'évolution des phénomènes physiques mesurés en fonction de l'échelle (ou fréquence spatiale).

L'objectif de ce projet est d'effectuer l'analyse spectrale d'images à haute résolution spatiale (taille d'un pixel équivaut à une dizaine de mètres au sol). Ces images contiennent des mesures de reflectances de surface, obtenues dans 10 longueurs d'onde différentes (bandes) allant du visible au proche infrarouge. Dans un premier temps, les étudiants devront mettre en œuvre un algorithme permettant de calculer le spectre d'une image. Pour cela, ils pourront suivre la méthodologie décrite dans l'article de Lovejoy\*. Ensuite, ils appliqueront cette méthode aux différentes bandes. Il sera intéressant d'observer le comportement des reflectances en fonction de l'échelle et de la longueur d'onde. Enfin, un dernier travail consistera à calculer un ou plusieurs indices de surface (végétation, humidité du sol,...) à partir de la combinaison des bandes fournies, et de comparer leur comportement multi-échelle avec celui des bandes seules. La surface étudiée correspondra à une zone de 100x100 km<sup>2</sup>, centrée sur la région toulousaine.



Image satellite de la région d'étude



Spectre de l'indice de végétation NDVI  
(Normalized Difference Vegetation Index)

Encadrant: Mathis Neuhauser

Mail : [mathis.neuhauser@cesbio.cnes.fr](mailto:mathis.neuhauser@cesbio.cnes.fr)

\* Single-and multiscale remote sensing techniques, multifractals, and MODIS-derived vegetation and soil moisture  
(Lovejoy et al, 2008)

## Travaux d'Etudes et Recherche

### Estimation du flot optique dans une séquence d'images

Dans une séquence vidéo composée d'images bidimensionnelles (2D), le mouvement des objets de la scène n'est décelable que par des changements d'intensité lumineuse. Ce mouvement dans une scène tridimensionnelle est dit apparent parce qu'il est projeté dans le plan image. Par exemple il sera difficile d'estimer le mouvement d'une sphère homogène en rotation sur elle-même, puisque le mouvement apparent sera alors nul. L'ensemble des vitesses apparentes est appelé **flot optique**. Le flot optique est utilisé dans de nombreuses applications de traitement d'images comme par exemple l'analyse de mouvements fluides en physique, la compression de séquences d'images par compensation de mouvement ou la reconstruction de scènes tridimensionnelles.



L'estimation du mouvement par flot optique repose sur une hypothèse de conservation de propriétés photométriques au cours de la séquence d'images. Habituellement, on considère qu'il y a conservation de l'intensité lumineuse, c'est à dire que l'on considère que les pixels sont translatés d'une image à l'autre en conservant leur intensité lumineuse. Le flot optique vérifie alors l'équation suivante :  $\nabla I(\vec{x}, t) \cdot \vec{u} + I_t(\vec{x}, t) = 0$  avec  $\nabla I$  le gradient de l'image  $I$ ,  $I_t$  le gradient temporel de l'image et  $\vec{u}$  le vecteur vitesse au pixel  $\vec{x}$ .

Cette équation seule ne permettant pas de retrouver les deux composantes du champ de vitesse, nous devons rajouter des contraintes au problème. Plusieurs approches ont été proposées, comme par exemple la contrainte du champ de vecteurs le plus régulier possible (approche Horn et Schunck) ou bien alors une contrainte de régularisation locale du flot optique (approche de Lucas et Kanade).

Le travail consistera tout d'abord à comprendre les différentes façons d'estimer le flot optique. Il conviendra ensuite d'implémenter sous matlab l'estimation du flot optique entre deux images en utilisant différentes méthodes de régularisation et de comparer les résultats obtenus avec les deux approches.

#### **Documents, matériel et logiciels mis à disposition :**

Article de journal expliquant les différentes méthodes de flot optique; PC; Matlab.

**Responsable :** A. Herbulet, LAAS-CNRS

Mél : [herbulet@laas.fr](mailto:herbulet@laas.fr)

Tél: 05 61 33 69 12

Travaux d'Etudes et Recherche

## **Estimation du mouvement dans une séquence vidéo pour la détection d'objets en mouvement**



L'idée est de mettre en œuvre des méthodes d'estimation de mouvement en temps réel, afin de pouvoir faire de la détection d'objets en mouvement, dans un cadre de vidéosurveillance.

Le principe est d'effectuer une estimation du fond en fonction des images de la séquence vidéo, de façon à pouvoir ensuite détecter les objets en mouvement par soustraction de ce fond. Différents modèles seront utilisés pour modéliser le fond en fonction d'hypothèse de distribution.

Les méthodes présentées dans l'article [1] seront implémentées et comparées entre elles, sur des séquences vidéo en caméra fixe, afin de permettre la détection et le suivi de personnes.

**Référence :** [1] Julien C. Richefeu & Antoine Manzanera, **Détection de mouvement par capteur intelligent**. ORASIS'05. Clermont-Ferrand, France, mai 2005.

**Responsable :** A. Herbolut  
LAAS-CNRS  
Mél : [herbolut@laas.fr](mailto:herbolut@laas.fr)  
Tél: 05 61 33 69 12

## Travaux d'Etudes et Recherche

### **Séparation spectrale de sources astrophysique dans le cadre de la mission spatiale Euclid**

Euclid est une mission spatiale de classe moyenne de l'ESA. Il a été sélectionné en octobre 2011 et son lancement est prévu en 2020.

La mission d'Euclid est de comprendre pourquoi l'Univers est en expansion accélérée et qu'elle est la nature de la source responsable de cette accélération que les physiciens nomment l'énergie noire. Cette énergie représente à peu près 75% de l'énergie contenue dans l'Univers aujourd'hui. Combiné à la matière noire, elles représentent presque la totalité de l'Univers connu. Les deux sont mystérieuses et de nature inconnue mais contrôlent le passé, le présent et le futur de l'évolution de l'Univers. De par l'observation des Galaxies lointaines, les scientifiques espèrent pouvoir apporter des éléments de réponse à cette question.

Ce projet d'initiation à la recherche s'inscrit dans le cadre de la décontamination avancée des spectres des galaxies observées. En effet, les spectres mesurés par l'instrument se retrouvent contaminés par ceux d'autres sources présentes dans le champ de vue lors de l'acquisition. Ce problème de décontamination des spectres peut-être considéré comme un problème de séparation de source qui consiste à estimer une série de signaux inconnus à partir de l'observation des signaux mélangés.

Nous proposons aux étudiants à travers la lecture de l'article ci-joint, d'écrire un programme permettant de réaliser la séparation des spectres deux sources à partir de l'image simulée de ce qu'observera le satellite une fois lancé.

**Responsable :** T. Grégoire

Mél : [tgregoire@irap.omp.eu](mailto:tgregoire@irap.omp.eu)