

Stage ingénieur ou Master 2

Traitement d'images multivariées pour l'astronomie

Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP)
et Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT)

Contexte du stage

Le télescope spatial James Web (JWST) sera lancé en 2018 [1]. Cette mission impliquant la NASA, l'ESA ainsi que l'agence spatiale canadienne (CSA), emportera le plus grand miroir jamais envoyé dans l'espace (6,5 m de diamètre) complété de quatre instruments scientifiques, optimisés pour les longueurs d'ondes de l'infrarouge (IR). Ces instruments permettront d'une part d'effectuer de l'imagerie multi-spectrale à grand champ de vue (typiquement quelques arcmin², dans une série de filtres à bandes larges ou étroites), et d'autre part de réaliser des images hyperspectrales (i.e. à haute résolution spectrale, $R \sim 3000$) sur des petits champs de vue (typiquement quelques arcsec²). Les objectifs scientifiques de cette mission sont nombreux. Ils concernent notamment l'étude des galaxies de l'univers primordial, l'imagerie et la spectroscopie d'exoplanètes ou encore l'étude du milieu interstellaire et des planètes du système solaire.

Objectifs du stage

L'objectif de ce stage est de développer des méthodes de "fusion" dédiées, permettant de combiner les images multi- et hyperspectrales du JWST. Dans le cas d'observations d'une même source astrophysique par deux instruments (l'un multi- et l'autre hyper-spectral), l'idée est d'utiliser l'information présente dans chaque jeu de données afin de créer un nouveau jeu de données (i.e., le produit fusionné) qui serait issu d'un instrument virtuel alliant les avantages respectifs des deux instruments, i.e. une haute résolution spatiale et spectrale.

La fusion d'images optiques de résolutions spatiale et/ou spectrale différentes est un problème relativement ancien qui a motivé un grand nombre de travaux pour l'observation de la Terre. Par exemple, les techniques de pansharpening permettent de produire une image multispectrale à haute résolution spatiale à partir d'une image panchromatique (à haute résolution spatiale) et une image multispectrale de la même scène à plus faible résolution [2]. Ce procédé est d'ailleurs mis en oeuvre par la plupart des opérateurs fournissant des images couleurs à haute résolution. La formulation générique du problème inverse consiste en la minimisation d'un critère d'optimisation associant un terme de fidélité aux données et un terme de régularisation résumant les caractéristiques attendues pour l'image fusionnée [3]. Le succès rencontré par ces méthodes s'explique notamment en partie par un terme de fidélité qui découle explicitement d'un modèle de formation des images observées, exploitant les caractéristiques des capteurs [4]. La difficulté provient ici de la très grande dimensions des données, qui contraint fortement le choix des algorithmes d'optimisation utilisés.

Déroulement

Le déroulement envisagé est le suivant :

- Un travail bibliographique sur les instruments du JWST, sur les techniques de fusion d'images et sur les algorithmes d'optimisation utilisés classiquement pour la résolution des problèmes inverses.

- La simulation d'images. On partira pour cela d'une image haute-résolution qui représentera la vérité terrain. On codera ensuite les réponses impulsionnelles des capteurs et le bruit instrument du JWST, ce qui permettra de simuler les images multi- et hyperspectrales.
- La mise au point de plusieurs algorithmes pour résoudre le problème de fusion. Des codes utilisés dans l'équipe depuis plusieurs années peuvent servir de point de départ.
- Une évaluation et un bilan sur les différents algorithmes.

Encadrement

Le sujet se situe à l'interface entre traitement du signal et des images et observations astrophysiques. L'étudiant sera co-encadré par :

- Olivier Berné (IRAP) pour les aspects observations.
- Nicolas Dobigeon et Thomas Oberlin (IRIT) pour ce qui concerne les méthodes de fusion.

Une poursuite en thèse pourra être envisagée.

Références

- [1] NASA's James Webb Space Telescope (JWST). <https://jwst.stsci.edu>.
- [2] L. Alparone et al. Comparison of pan sharpening algorithms: Outcome of the 2006 grshs data fusion contest. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 45(10):3012–3021, October 2007.
- [3] Q. Wei, N. Dobigeon, and J.-Y. Tourneret. Fast fusion of multi-band images based on solving a Sylvester equation. *IEEE Trans. Image Process.*, 24(11):4109–4121, Nov. 2015.
- [4] L. Loncan, L. B. Almeida, J. M. Bioucas-Dias, X. Briottet, J. Chanussot, N. Dobigeon, S. Fabre, W. Liao, G. Licciardi, M. Simoes, J.-Y. Tourneret, M. Veganzones, G. Vivone, Q. Wei, and N. Yokoya. Hyperspectral pansharpening: a review. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.*, 3(3):27–46, September 2015.
- [5] O. Berné, A. Tielens, P. Pilleri, and C. Joblin. Non-negative matrix factorization pansharpening of hyperspectral data: An application to mid-infrared astronomy. In *Proc. Workshop Hyperspectral Image Signal Process. : Evolution in Remote Sensing (WHISPERS)*, pages 1–4, 2010.

Profil du candidat recherché : formation initiale en traitement du signal et/ou traitement d'image (Master 2 ou École d'ingénieur), ou équivalent (mathématiques appliqués, astrophysique ou instrumentation)

Compétences : bon niveau d'anglais, traitement d'images, programmation Matlab et/ou Python, optimisation convexe, analyse de données multi-dimensionnelles

Contact

- Olivier Berné (IRAP)
mail : olivier.berne@irap.omp.eu
page web : http://userpages.irap.omp.eu/~oberne/Olivier_Berne/Home.html
- Nicolas Dobigeon (IRIT)
mail : nicolas.dobigeon@enseeiht.fr
page web : <http://dobigeon.perso.enseeiht.fr>