

# Décomposition conjointe de spectres dans des images astronomiques

## Sujet

L'étude de la cinématique interne des galaxies est l'une des clés pour comprendre l'histoire et l'évolution de l'Univers. Certains télescopes fournissent des images multispectrales, c'est-à-dire des images 3D dont chaque pixel est un spectre de raies. En raison de la cinématique rapide des galaxies, les raies sont décalées par effet Doppler. L'analyse du décalage Doppler, et donc de la cinématique des galaxies, est, encore maintenant, effectuée visuellement ou en utilisant des procédures bas niveau. Une analyse plus fine et moins fastidieuse requiert des algorithmes performants de traitement d'image.

Il faut donc développer des méthodes performantes pour estimer les raies des spectres : on parle de décomposition spectroscopique. Plus précisément, la décomposition consiste à estimer le nombre et les paramètres (décalage, amplitude et largeur) des raies. Un a priori important est de supposer que les paramètres des raies évoluent lentement à travers l'image. Par ailleurs, le rapport signal-sur-bruit des images astronomiques est très faible. Pour ces raisons, il est important d'utiliser la redondance spatiale afin d'obtenir des résultats pertinents et robustes au bruit. En d'autres termes, la décomposition doit être effectuée conjointement sur tous les spectres.

Un grand nombre d'études se concentrent sur la décomposition d'un unique spectre [1, 2], mais aucune approche actuelle ne permet d'effectuer la décomposition conjointe de spectres tout en prenant en compte l'information spatiale. Nous avons développé une approche qui fonctionne dans le cas d'une séquence unidimensionnelle de spectres de photo-électrons [3, 4]. Mais cette méthode n'est pas facilement adaptable au cas bidimensionnel.

Les objectifs de ce stage de deuxième année de master sont donc de développer une nouvelle approche pour les images astronomiques. Ce problème inverse sera établi dans un cadre bayésien ; l'évolution spatiale lente des raies sera modélisée à l'aide d'a priori markoviens. L'estimation sera obtenue à l'aide de méthodes MCMC (*Monte Carlo Markov chain*) comme l'échantillonneur de Gibbs [6] ou l'algorithme de Monte Carlo hybride (appelé aussi hamiltonien) [5]. L'utilisation de telles méthodes permettra d'obtenir les incertitudes sur l'estimation, ce qui demandera l'utilisation de méthodes de *label switching* [7].

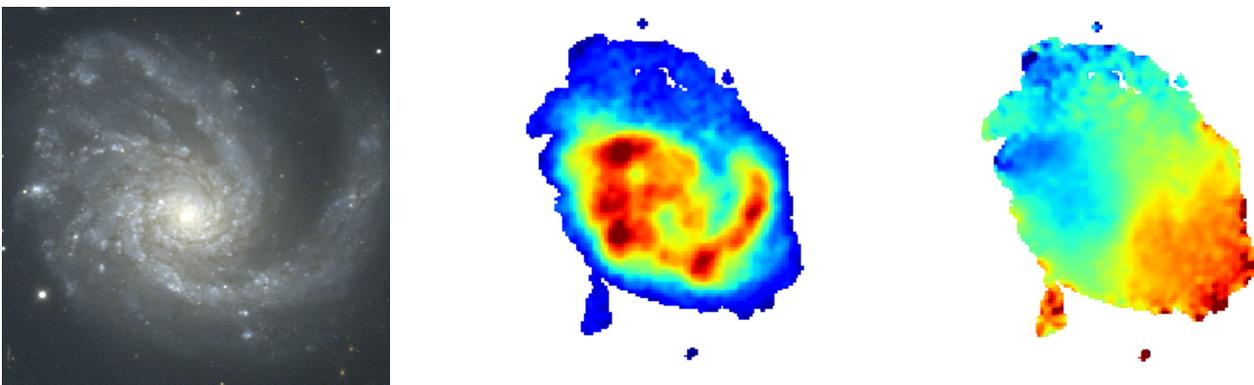


FIGURE 1 – Galaxie NGC4254 observée dans le visible (à gauche) et les ondes radio (au milieu). La cinématique de la galaxie est observable en affichant le décalage des raies (à droite).

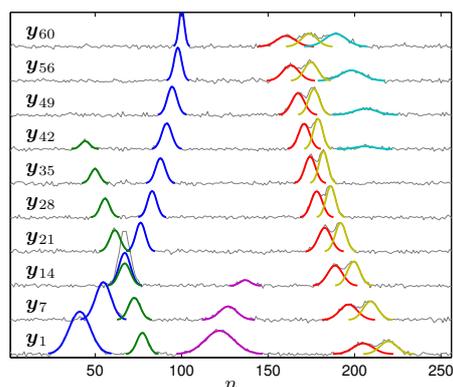


FIGURE 2 – Exemple de décomposition spectroscopique sur une séquence unidimensionnelle de spectres simulés.

## Compétences requises

Le candidat ou la candidate devra être en deuxième année de master. Il ou elle devra avoir des connaissances solides en mathématiques et en traitement du signal et des images. La connaissance des approches bayésiennes et des méthodes MCMC sera appréciée.

Veuillez fournir un CV, une lettre de motivation et les résultats universitaires des dernières années (avec classements, le cas échéant).

## Gratification

Le stage est gratifié suivant la réglementation en vigueur (environ 500 €/mois) grâce à un financement de l'Agence nationale de la recherche dans le cadre du projet DSIM ([dsim.unistra.fr](http://dsim.unistra.fr)).

## Lieu du stage

ICube (équipe MIV)  
300 Bd. Sébastien Brant  
CS 10413, 67412 Illkirch Cedex, France

## Encadrants et contact

Vincent MAZET, Sylvain FAISAN  
Tél. : 03 68 85 44 91  
Mél : [vincent.mazet@unistra.fr](mailto:vincent.mazet@unistra.fr)  
Site web : [miv.u-strasbg.fr/mazet/](http://miv.u-strasbg.fr/mazet/)

## Références

- [1] R. Fischer, V. Dose. « Analysis of mixtures in physical spectra ». *Bayesian methods*, p. 145–154, 2001.
- [2] S. Gulam Razul, W.J. Fitzgerald, C. Andrieu. « Bayesian model selection and parameter estimation of nuclear emission spectra using RJMCMC ». *Nucl. Instrum. Meth. A*, p. 492–510, 2003.
- [3] V. Mazet. « Joint Bayesian Decomposition of a Spectroscopic Signal Sequence » *IEEE Signal Proc. Lett.*, 2011.
- [4] V. Mazet, S. Faisan, S. Awali, M.-A. Gaveau, L. Poisson, « Unsupervised Joint Decomposition of a Spectroscopic Signal Sequence », *Signal Processing*, 2015.
- [5] R.M. Neal, « MCMC Using Hamiltonian Dynamics », In S. Brooks, A. Gelman, G.L. Jones, X.-L. Meng, *Handbook of Markov Chain Monte Carlo* (chapitre 5), Chapman and Hall/CRC, 2011.
- [6] C.P. Robert, G. Casella, *Monte Carlo Statistical Methods*, Springer-Verlag, 2004.
- [7] M. Stephens, « Dealing with label switching in mixture models », *J. Roy. Stat. Soc. B*, 2000.