

# Cartographie de paramètres physiques dans les vestiges de supernova par machine learning

Contact : [fabio.acero@cea.fr](mailto:fabio.acero@cea.fr); [jerome.bobin@cea.fr](mailto:jerome.bobin@cea.fr)

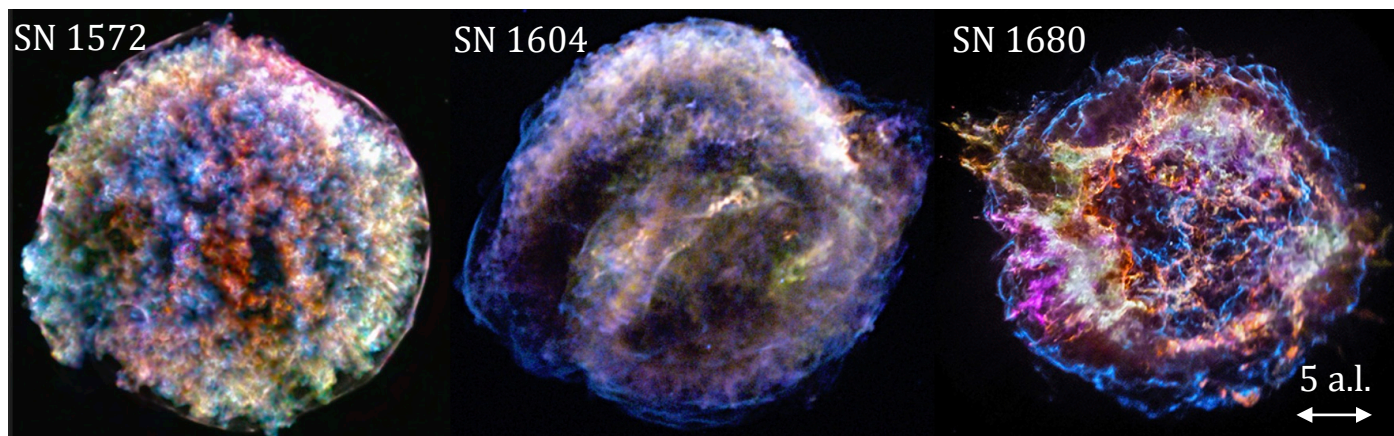


Figure 1: vestige de supernovae vue en rayons X par le satellite Chandra. La date à laquelle la supernova a été vue sur Terre est indiquée. Les couleurs rouge, orange, vert, jaune montrent la distribution des éléments lourds synthétisés lors de l'explosion (ejecta). Les filaments bleutés l'émission des particules accélérés par l'onde de choc se propageant à  $\sim 5000$  km/s.

**Contexte:** Les spectro-imageurs en rayons-X permettent de mesurer la position, l'énergie et le temps d'arrivée pour chaque photon incident. Cette liste de photons permet de créer des cubes de données (X, Y, Energie) où un spectre est accessible pour chaque pixel de l'image. En dépit de la richesse des archives en rayons X et du bond en performance des missions à venir, nos méthodes d'analyses n'ont que trop peu évolué dans les dernières décennies et ne peuvent extraire la richesse d'informations scientifiques contenue dans ces données.

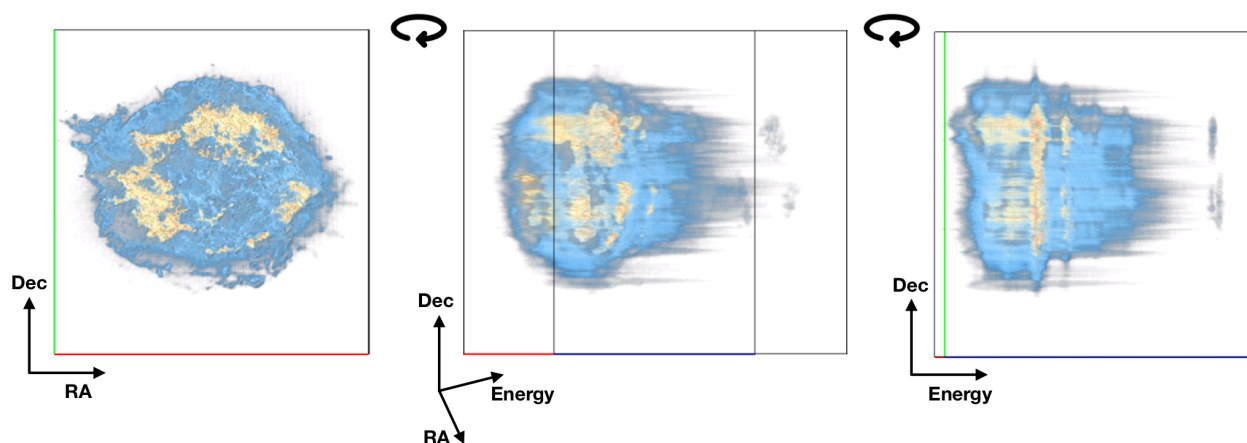
Ce projet s'intéressera en particulier aux méthodes de traitement du signal pour la cartographie des paramètres physiques (ex: température, métallicité, et vitesse du plasma) dans les sources étendues telles que les vestiges de supernova (voir Figure 1) ou les amas de galaxies. Cela consiste à obtenir pour chaque pixel ou groupe de pixels, une série de paramètres physiques à partir de leur information spectrale.

Les méthodes classiques d'ajustement spectral d'un cube de données sont lentes et bruitées, un facteur limitant l'analyse des données à très haute résolution spectrale des satellites à venir XRISM en 2023 et Athena X-IFU en 2034.

**Objectif:** Nous proposons d'explorer de nouvelles méthodes pour la cartographie de paramètres physiques en mettant à profit de récents développements méthodologiques dans notre laboratoire s'appuyant sur les concepts de parcimonie, d'analyse en ondelettes et d'apprentissage profond afin d'obtenir une méthode rapide et robuste. En particulier, l'objectif du stage sera d'implémenter un outil d'apprentissage, intitulé Interpolation Auto-Encoder (IAE, [3]), pour la cartographie des paramètres d'un cube de données avec une contrainte de régularisation spatiale [1]. L'algorithme ainsi développé sera tout d'abord évalué sur des données simulées, puis testé sur données réelles suivant l'avancement du stage.

**Candidat/Candidate:** La personne recrutée doit être en formation de Master 2 (ou équivalent) et devra posséder de bonnes connaissances en traitement du signal/des images, ainsi qu'en apprentissage automatique (*machine learning*). Idéalement, le langage Python devra être connu et la connaissance du module d'apprentissage JAX et d'outils d'optimisation convexe est un plus.

Le candidat / la candidate acquerra une expertise en traitement du signal parcimonieux (notamment de données multi-valuées) et en apprentissage automatique.



*Figure 2: rendu volumétrique du cube de données en rayons X du vestige de supernova Cassiopeia A. L'image de face (gauche) montre la distribution spatiale des photons alors que l'image de côté (droite) montre leur distribution en énergie. Les nouveaux outils d'analyses proposés exploiteront la nature multidimensionnelle des données pour cartographier les paramètres physiques sous jacents.*

Le stage (5-6 mois) se déroulera au sein du département d'Astrophysique du CEA par Fabio Acero et Jérôme Bobin (Groupe d'analyse de données du DEDIP - CEA Saclay).

**Contact:** [fabio.acero@cea.fr](mailto:fabio.acero@cea.fr) et [jerome.bobin@cea.fr](mailto:jerome.bobin@cea.fr)

Les candidatures sont attendues avant le 30 janvier 2022

#### Références:

- [1] Sparse estimation of model-based diffuse thermal dust emission, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, M. Irfan, J. Bobin, Volume 474, Issue 4, 2018. [Link](#).
- [2] Sparse BSS from Poisson Measurements, J.Bobin, A Picquenot, F. Acero, [hal-02083157v1, 2020](#).
- [3] Non-linear interpolation learning for example-based inverse problem regularization, J.Bobin, R. Carloni Gertosio, CBobin, C Thiam. [hal-03265254v1](#), 2021.

**Mot clés:** traitement du signal, machine learning, astronomie en rayons X, Athena, vestige de supernovae.