

# Astrophysique I : TP analyse de données

---

Les TP se déroulent le vendredi après-midi au bâtiment 470 (salle informatique du Magistère C317), de 14 h à 17 h 30.

Chaque étudiant devra choisir un des deux sujets proposés lors du premier cours d'option, vendredi 8 septembre, à la pause de 10h30. Les thèmes sont différents mais les compétences acquises et le travail attendu sont majoritairement méthodologiques et seront identiques pour les deux sujets. Pour des raisons pratiques, les deux groupes devront être de taille similaire.

Le travail effectué en TP sera évalué lors d'une soutenance orale à préparer en groupe, et comptera pour 25 % de la note finale de l'UE.

## Sujet 1 : Détecter l'eau le CO<sub>2</sub> du pôle Sud de Mars par spectro-imagerie

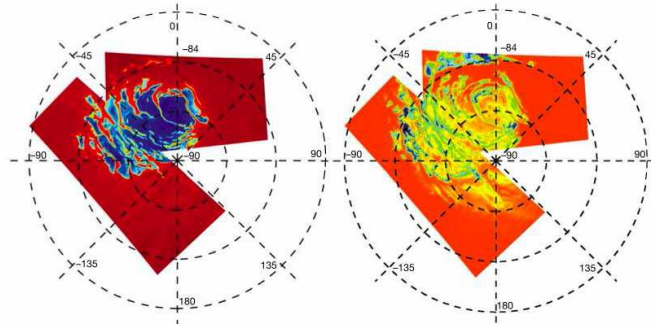


Figure 1 : Cartographie des glaces de CO<sub>2</sub> (gauche) et d'H<sub>2</sub>O (droite) au pôle sud de Mars. Bibring et al., Nature 2004.

### Contexte :

S'il est clair que la planète rouge que nous connaissons aujourd'hui est bien peu accueillante pour la vie humaine, la plupart des études menées sur son histoire montrent que la situation était très différente il y a 3 milliards d'années. En effet, l'eau liquide a certainement existé à sa surface en grande quantité et son atmosphère aujourd'hui très fine et riche en dioxyde de carbone devait avoir une composition et une épaisseur (donc une pression de surface) bien différentes. Les premières observations de la sonde Mars Express en 2004 ont permis de mieux comprendre les mécanismes de cette évolution (Bibring *et al.*, Nature 2004), principalement grâce à l'instrument OMEGA développé ici à l'IAS qui a révélé le rôle majeur des pôles de la planète dans le piégeage des différentes espèces présentes autrefois.

Dans ce TP nous utiliserons des données de cet instrument pour étudier le pôle sud de Mars, à partir d'images et de spectres proche-infrarouge (0.9-2.7  $\mu\text{m}$ ), afin de cartographier les réservoirs actuels d'eau et de CO<sub>2</sub> qu'il contient. Nous verrons que leurs volumes et leurs dispositions respectives donnent de précieuses informations sur l'histoire climatique de la planète.

### Objectifs :

- Appliquer un traitement typique des données d'une sonde spatiale.
- Analyser des données prises en orbite autour de Mars : identifier et cartographier (Figure 1) les glaces d'eau et de CO<sub>2</sub> par la méthode des critères spectraux.
- Aborder quelques enjeux de l'exploration martienne : disponibilité et état de l'eau, évolution climatique.

## Références :

- Pour la justification de l'étude et le potentiel des données OMEGA : Bibring J-P. et al. (2004), Nature, Volume 428, Issue 6983, pp. 627-630
- Pour les concepts physiques abordés en TP et le traitement de données : [https://www.ias.u-psud.fr/dole/enseignement/M2AA/m2aa\\_obs\\_mesure\\_astro\\_hdole.pdf](https://www.ias.u-psud.fr/dole/enseignement/M2AA/m2aa_obs_mesure_astro_hdole.pdf)
- Pour des détails sur l'instrument : <https://www.ias.u-psud.fr/fr/content/mars-expressomega>

Séances : 08/09, 15/09, 22/09, 29/09, soutenance le 06/10.

## Sujet 2 : Estimer la masse d'un trou noir super-massif galactique

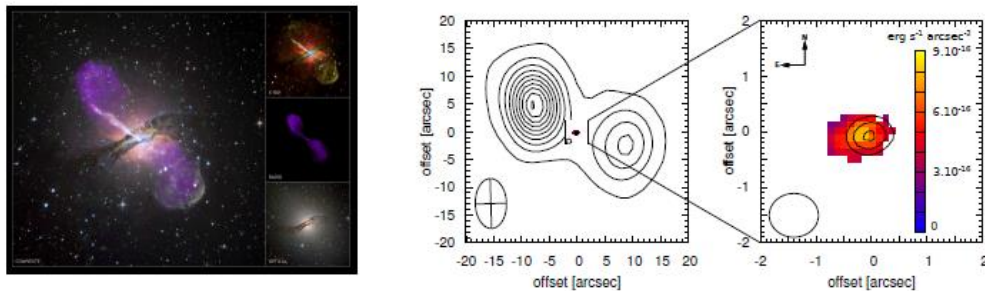


Figure 2 : À gauche : La galaxie Centaurus 1 (observée en rayons X et en radio). À droite : la radio galaxie où se trouve le trou noir dont vous allez estimer la masse (observée en radio au milieu, et en infrarouge à droite).

## Contexte :

D'après de nombreuses études récentes, les trous noirs super-massifs que l'on trouve au centre de la plupart des galaxies ont joué un rôle prépondérant dans l'évolution de ces dernières. Leur action a été la plus forte dans l'Univers lointain, il y a environ 10 milliards d'années, lorsque les galaxies formaient beaucoup d'étoiles et avaient de grandes quantités de gaz à disposition.

Dès lors, il est intéressant de caractériser, le trou noir super-massif d'une galaxie pour déterminer, par exemple, si leurs évolutions sont couplées. Or, un trou noir n'est caractérisé que par trois grandeurs : sa masse, son moment cinétique et sa charge. Dans ce TP, nous chercherons à estimer distance et la masse du trou noir de la galaxie NVSSJ201943-364542, à partir de données de l'instrument SINFONI sur le Very Large Telescope (VLT).

## Objectifs :

- Analyser des données spectroscopiques d'un instrument au sol (SINFONI sur le VLT).
- Estimer le redshift et la masse d'un trou noir à partir de ces mesures.
- Évaluer la précision des résultats obtenus.

## Références :

- Sur l'estimation de la masse du trou noir : Greene & Ho, *Estimating Black Hole Masses in Active Galaxies Using the H $\alpha$  Emission Line*, 2005, the Astrophysical Journal, 630:122-129 (disponible sur <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0508335>)
- À propos de l'instrument SINFONI : *First Light of SINFONI at the VLT* sur : <https://www.eso.org/sci/facilities/develop/integration/documents/pub/sinfoni-first-light-messenger.pdf>

Séances : 13/10, 20/10, 27/10, 10/11, soutenance le 17/11.