

Candidature à la composante « Physique de l'Univers »

Le dossier doit être envoyé à [edstepup\\_pu@univ-paris-diderot.fr](mailto:edstepup_pu@univ-paris-diderot.fr).

---

**TITRE et NUMERO du SUJET : Couplage accrétion-éjection dans les microquasars et sources X ultra-lumineuses**

Nom de l'étudiant : **A définir**

Directeur (trice) : **CORBEL, Stéphane, PR** ; [stephane.corbel@cea.fr](mailto:stephane.corbel@cea.fr)

Co-directeur (trice) / Co-encadrant(e) :

Equipe d'accueil : AIM

Financement (ou demi-financement) possible hors contrat doctoral

---

*Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres\_de\_thèse  
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale*

---

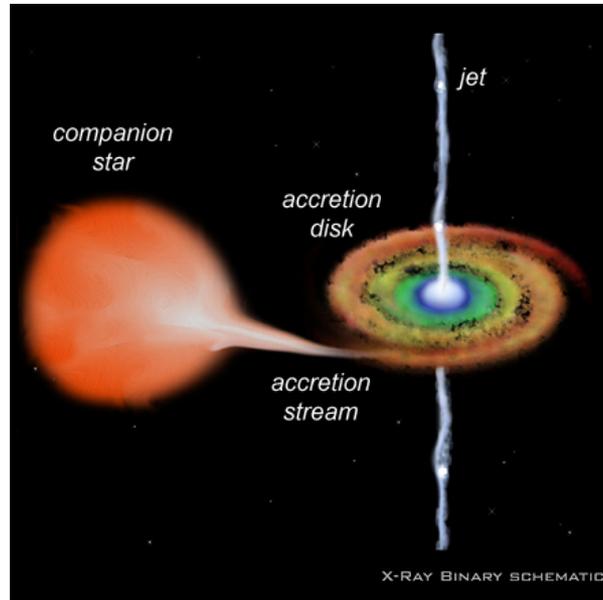
Développement du sujet et organisation du travail : (1 à 2 pages)

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

Les systèmes binaires X à jets (nommés microquasars) représentent d'excellents laboratoires pour tester les phénomènes physiques dans des environnements extrêmes. Ils sont composés d'une étoile compagnon « normale » et d'un astre compact pouvant être un trou noir ou une étoile à neutrons. Les travaux que nous avons réalisés ces dernières années nous ont permis de démontrer que les jets relativistes emportent une fraction considérable de l'énergie d'accrétion. Ce résultat a été rendu possible par la découverte de l'émission large bande (bien au delà du domaine radio) de ces jets. La compréhension de la physique de ces objets passe donc nécessairement par des observations multi-longueurs d'onde et la modélisation associée, et implique ainsi une grande diversité de travaux à réaliser.

L'accrétion est la source d'énergie la plus efficace dans l'Univers et se retrouve à la base de multiples phénomènes physiques, allant de la formation des étoiles aux noyaux actifs de galaxie. De part leurs variabilités extrêmes sur des échelles de temps humainement accessibles (seconde à jours), les microquasars permettent une étude dynamique des couplages entre l'accrétion de matière par l'astre compact et l'éjection de plasma par l'intermédiaire de jets relativistes. Au vu de l'universalité de ces phénomènes que l'on retrouve à différentes échelles spatiales, comprendre l'accrétion-éjection au sein des microquasars permettra, par analogie, de comprendre un large ensemble d'objets célestes. Aux sources compactes galactiques de quelques masses stellaires, on peut maintenant aussi ajouter les sources X ultra-lumineuses qui permettent de faire des analogies à des régimes différents (accrétion super-Eddington, trous noirs de masse intermédiaire s'ils existent, ...) grâce à l'augmentation de sensibilité des télescopes les plus récents.

Le but de cette thèse sera d'étudier l'activité de systèmes binaires récemment découverts dans notre Galaxie. Notre groupe a été aux avant-plans de campagnes d'observations multi-longueurs d'onde (notamment radio, X et gamma), et l'objectif principal de la thèse sera donc de caractériser les connexions possibles entre ces différents domaines et d'étudier les processus physiques associés. Notamment nous nous focaliserons sur les corrélations entre les propriétés des jets relativistes (puissance des jets) avec celles du flot d'accrétion interne (émission thermique et non thermique) et la modélisation de ces objets.



**Figure 1 :** « Vue d'artiste d'un microquasar mettant en évidence les différentes composantes d'émission. La matière aspirée par l'objet compact s'enroule en un disque d'accrétion et se retrouve éjectée par l'intermédiaire des jets relativistes.»

## DESCRIPTION GROUPE/LABO/ENCADREMENT

Le travail se déroulera dans le laboratoire d'étude des phénomènes cosmiques de haute énergie du département d'astrophysique/UMR AIM, avec une collaboration avec les laboratoires IPAG et IRAP de Grenoble et Toulouse. La direction sera assurée par S. Corbel, un radioastronome et qui est actif dans la promotion de la radioastronomie en France. Il appartient aussi à la collaboration Fermi, satellite d'observation en rayons gamma de très haute énergie (> GeV) et à de multiples collaborations radio (cf NenuFAR, LOFAR, ASKAP et MeerKAT). Des collaborations avec l'Université de Berkeley (J. Tomsick, USA), l'Université de Curtin (J. Miller-Jones, Australie), l'Université d'Oxford (R. Fender, UK) et l'Université d'Amsterdam (S. Markoff, NI) sont actuellement en place.

## TRAVAIL PROPOSÉ

Le travail de thèse consistera précisément à la caractérisation d'un ensemble de systèmes accrétants à partir de:

1. Une étude des données radio propriétaires (ATCA, VLA, MeerKAT, ASKAP, potentiellement aussi à basse fréquence avec NenuFAR) disponibles simultanément afin de contraindre les caractéristiques des jets relativistes,
2. Une modélisation multi-longueurs d'onde en y ajoutant des données millimétriques (ALMA), optique, infrarouge et gamma (Fermi), lorsque disponibles et nécessaires,
3. L'analyse spectrale et temporelle en rayons X des propriétés du flot d'accrétion en utilisant les données des missions spatiales Swift, MAXI, Integral, Nustar (pour lesquelles nous avons des programmes acceptés).
4. Extension des travaux aux sources X ultra-lumineuses,
5. Une confrontation avec les modèles théoriques.



# ÉCOLE DOCTORALE

## SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT ET PHYSIQUE DE L'UNIVERS, PARIS

COMPOSANTE PHYSIQUE DE L'UNIVERS

### FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

Un master 2 en astrophysique, plus un goût prononcé pour l'observation et la réduction des données. Quelques connaissances en astrophysique des hautes énergies et/ou radioastronomie.

### COMPETENCES ACQUISES

Formation à la recherche en astrophysique.

Analyse de données et esprit critique.

Techniques de mesure de rayonnement de sources astrophysique dans diverses longueurs d'onde.

Observations dans les domaines radio et X

Toutes compétences associées à un travail de recherche : autonomie, synthèse des résultats, écriture de rapport, et présentations orales.

Travail en équipe dans un environnement international. Gestion et conduite de projet.

Eventuellement, missions d'enseignement.

### COLLABORATIONS/PARTENARIATS

Des collaborations avec l'Université de Berkeley (J. Tomsick, USA), l'Université de Curtin (J. Miller-Jones, Australie), l'Université d'Oxford (R. Fender, UK) et l'Université d'Amsterdam (S. Markoff, NI) sont actuellement en place. Une interaction forte avec les précurseurs SKA ASKAP et MeerKAT est aussi effective. NenuFAR sera ouvert à la communauté scientifique en 2019 à la Station de Nançay.

Collaboration avec IPAG/Grenoble et IRAP/Toulouse

### CONTACTS

Scientifique :

**Stéphane Corbel** [stephane.corbel@cea.fr](mailto:stephane.corbel@cea.fr)

Tel : 01 69 08 45 62



École Doctorale : **STEP UP** : Bâtiment Condorcet - Bureau 376A  
Université Paris Diderot, Case courrier 7008 - 75205 Paris Cedex 13  
Tél.: +33(0)1. 57.27.61.10 - Email : [edstepup\\_pu@univ-paris-diderot.fr](mailto:edstepup_pu@univ-paris-diderot.fr)

