

Trous noirs, jets relativistes, énergie et interactions

Les trous noirs ont toujours suscité un large intérêt auprès d'un vaste public. Cet intérêt n'a fait que se renforcer avec la détection récente des ondes gravitationnelles ou l'imagerie directe de leur environnement très proche grâce à l'Event Horizon Telescope (EHT). Les trous noirs sont essentiellement connus sous deux formes : supermassifs au centre des galaxies (quelques millions à milliards de masse solaire) ou d'une dizaine de masse solaire dans le cas des binaires X et que l'on retrouve abondamment dans notre Galaxie. Le mystère des trous noirs de masse intermédiaire demeure.

Les systèmes binaires X (ou microquasars) représentent d'excellents laboratoires pour tester les phénomènes physiques dans les environnements les plus extrêmes. Composés d'un astre compact (trou noir ou étoile à neutrons) accrétant de la matière d'une étoile compagne, ils sont observés depuis plusieurs années à diverses longueurs d'onde permettant ainsi de caractériser un ensemble d'activités complexes. Une physique très variée s'ouvre ainsi aux modélisateurs.

En effet, les phénomènes d'accrétion sont omniprésents et constituent la source d'énergie disponible la plus puissante dans l'Univers. Ils sont de plus fortement couplés aux activités d'éjection des systèmes accrétants. L'émission des binaires X est un traceur des processus en action dans des conditions extrêmes telles que : densité, vitesse, potentiel gravitationnel et champs magnétiques. Les microquasars sont d'excellents laboratoires pour conduire de telles études permettant une observation en temps réel de l'évolution des jets ; de leur formation à leur impact sur l'environnement en temps réel.

Ces dernières années, nos travaux ont permis de démontrer que les jets relativistes emportent une fraction considérable de l'énergie d'accrétion *avec une action sur les milieux environnants restant à quantifier*. Les observatoires actuellement disponibles permettent enfin un suivi assez dense des divers phénomènes impliqués. Pour cela, nous avons en place un suivi multifréquences allant des ondes radio (MeerKAT, ATCA, VLA, ALMA, ...) pouvant atteindre les hautes énergies (Chandra, Swift, SVOM, FERMI, ...), sans oublier les domaines plus traditionnels de l'optique/infrarouge. Une telle capacité d'explorer le ciel transitoire n'a jamais existé auparavant, ce qui laisse augurer une révolution dans notre compréhension de la dynamique de l'Univers des sources transitoires, et plus particulièrement les objets accrétants.

Le but de cette thèse sera d'étudier les activités de trous noirs binaires récemment découverts dans notre Galaxie. L'objectif principal sera de comprendre les connexions entre processus d'accrétion et d'éjection, mais plus particulièrement de contraindre l'énergie des jets relativistes à partir des mesures calorimétriques faites lors de leurs interactions avec le milieu environnant. La modélisation de telles interactions apporte de nouvelles contraintes sur le bilan énergétique des trous noirs, informations primordiales pour la compréhension de ces systèmes. Il faut de plus s'attendre aussi à ce que la personne en thèse prenne part au travail associé aux nouveaux phénomènes inattendus qui ne manqueront pas d'être découverts par MeerKAT, télescope pour lequel nous avons un accès privilégié.

Le travail se déroulera dans le laboratoire d'étude des phénomènes cosmiques de haute énergie du Département d'Astrophysique du CEA, avec une collaboration du laboratoire IRAP de Toulouse et IPAG de Grenoble. La direction de la thèse sera assurée par S. Corbel, qui est un des experts mondiaux de l'observation multi-longueurs d'onde des astres compacts. S. Corbel est radioastronome et est très 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 ($> \text{GeV}$) et « core member » du SKA Transients Working Group. Des collaborations avec l'Université de Curtin (Australie), l'Université d'Oxford (R. Fender) et l'Université d'Amsterdam (S. Markoff) sont actuellement en place. Pendant sa thèse, l'étudiant-e sera amené à prendre part aux observations de MeerKAT en Afrique du Sud. Il aura aussi toute sa place au sein de la collaboration ThunderKAT et des divers instituts associés.

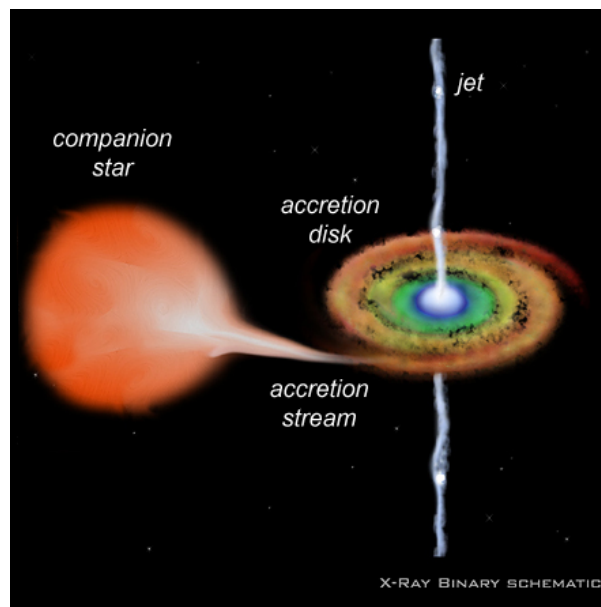


Figure 1 : « Vue d'artiste d'un microquasar mettant en évidence les différentes composantes d'émission. La matière aspirée par l'objet compact s'enroule en un disque d'accrétion et se retrouve éjectée par l'intermédiaire des jets relativistes.»

Resumé Fr :

Les systèmes binaires X (ou microquasars) représentent d'excellents laboratoires pour tester les phénomènes physiques dans les environnements les plus extrêmes. Composés d'un astre compact (trou noir ou étoile à neutrons) accrétant de la matière d'une étoile compagne, ils sont observés depuis plusieurs années à diverses longueurs d'onde permettant ainsi de caractériser un ensemble d'activités complexes. Une physique très variée s'ouvre ainsi aux modélisateurs.

Le but de cette thèse sera d'étudier les activités de trous noirs binaires récemment découverts dans notre Galaxie. L'objectif principal est de comprendre les connexions entre processus d'accrétion et d'éjection, mais plus particulièrement de contraindre l'énergie des jets relativistes à partir des mesures calorimétriques faites lors de leurs interactions avec le milieu environnant. La modélisation de telles interactions apporte de nouvelles contraintes sur le bilan énergétique des trous noirs, informations primordiales pour la compréhension de ces systèmes.

Resumé GB : Black holes, relativistic jets, energy and interactions

X-ray binaries (or microquasars) represent excellent laboratories for testing physical phenomena in the most extreme environments. Composed of a compact star (black hole or neutron star) accreting matter from a companion star, they have been observed for several years at various wavelengths, allowing to characterize a set of complex activities. A very varied physics is thus opened to the modellers.

The goal of this thesis will be to study the activities of binary black holes recently discovered in our Galaxy. The main objective is to understand the connections between accretion and ejection processes, but more particularly to constrain the energy of their relativistic jets from calorimetric measurements made during their interactions with the surrounding medium. The modeling of such interactions brings new constraints on the energy balance of black holes, information that is essential for the understanding of these systems.