

Titre/Title : Rayons cosmiques et Superbulles / Cosmic rays in Superbubbles.

Directeurs :

Isabelle Grenier (Professeur à l'Université Paris Diderot, AIM-UMR 7158 / AIM - Laboratoire d'études des phénomènes cosmiques et haute énergie)

Le contexte :

Les étoiles massives vivent en couple...

Un changement de paradigme s'impose dans le domaine stellaire: contrairement à l'idée communément admise, une étude récente montre que plus de 70% des étoiles massives vivent au sein d'un couple stellaire (Sana et al. 2012). Cette binarité a des conséquences majeures sur l'évolution des étoiles, fortement influencée par la présence d'un "compagnon", en particulier via le transfert de matière, de moment cinétique, et la présence d'intenses vents stellaires (Chaty 2013). Le destin des couples d'étoiles massives est déterminé par l'évolution de chacune des composantes, la plus massive s'effondrant en premier lors de l'explosion de supernova, formant une étoile à neutron ou un trou noir (Tauris & van den Heuvel, 2006). Ainsi naît une binaire compacte -un objet compact orbitant autour de son compagnon-, faisant partie des astres les plus fascinants de l'Univers. L'étoile compagnon massive éjecte en permanence un vent intense, et l'astre compact, baignant dans ce vent, en attire une partie qui s'accumule à la surface, chauffée à des températures de plusieurs millions de degrés, et émettant principalement des rayons X. Ces astres donnent souvent lieu à des variations extrêmes de luminosité, de plusieurs ordres de grandeur à différentes longueurs d'onde, sur des échelles de temps allant de la seconde au mois.

... et influencent leur environnement !

Il est aujourd'hui établi que l'effondrement d'étoiles massives en supernova joue un rôle clé dans l'enrichissement du milieu interstellaire, depuis les atomes lourds jusqu'aux molécules complexes, ainsi que dans le déclenchement de la formation de nouvelles étoiles. Par contre, à la fois l'impact et la rétroaction de ces étoiles massives sur leur environnement au long de leur vie, ont été longtemps négligés, et le sujet reste méconnu. Or, la majeure partie de la matière éjectée par le vent de l'étoile massive, non interceptée par l'astre compact, se disperse dans le milieu environnant, entrant en collision avec un milieu interstellaire dense, potentiellement à l'origine du déclenchement de nouvelles naissances d'étoiles.

Les buts scientifiques :

Cette thèse propose d'étudier la formation, l'évolution et l'impact sur l'environnement des couples d'étoiles massives, à partir d'observations multi-longueurs d'onde.

1. La formation des étoiles massives dépend non seulement des caractéristiques du milieu interstellaire environnant à leur naissance (densité, composition, métallicité, etc), mais aussi de la masse des progéniteurs. Des études statistiques, couplées à des observations de binaires compactes, montrent qu'elles naissent au sein de complexes de formation stellaire, berceaux des étoiles les plus massives de notre Galaxie (Bodaghee et al. 2012, Coleiro & Chaty 2013). Ces études permettent aussi de suivre l'évolution des systèmes binaires, en particulier leur âge, leur vitesse, leur distance de migration à partir de leur lieu de naissance, etc.

2. L'évolution des étoiles massives au sein d'un système binaire est déterminée par de nombreux facteurs, tels que : rapport de masse, distance orbitale, et échanges de matière et de moment angulaire. Un échantillon important de binaires compactes est aujourd'hui répertorié, qui a considérablement crû ces dernières années, constitué d'astres à différents stades de leur évolution. Il est ainsi possible de comparer les contraintes observationnelles sur les âges, kicks, et distances de migration de ces astres, avec les prédictions des modèles de synthèse de population. Enfin, le destin final d'une binaire compacte conduit aux événements les plus énergétiques de l'Univers, les deux composantes étant condamnées à entrer en collision : tant la fréquence que le déroulement de ces phénomènes restent à ce jour très méconnus.

3. L'impact sur l'environnement des étoiles massives est une question cruciale à toutes les étapes de leur vie. En effet, les étoiles massives éjectent en permanence un vent stellaire extrêmement intense, dense et rapide, qui entre en collision avec le milieu interstellaire. Or, nous avons récemment montré, à partir d'observations avec le satellite Herschel, qu'un tel vent provenant d'une étoile massive pouvait repousser la matière du milieu interstellaire environnant, et déclencher de la formation stellaire, comme l'indique la présence d'objets stellaires jeunes situés à la lisière d'une cavité entourant une binaire massive (Chaty et al. 2012, Coleiro et al. 2015). Enfin, aussi bien les explosions de supernova que les collisions d'astres compacts présentent un impact majeur sur le milieu interstellaire environnant, par la quantité de matière et d'énergie relâchée.

Pour conclure, cette thèse, couvrant de nombreux champs de l'astrophysique, depuis la formation, via l'évolution stellaire, jusqu'à l'impact sur l'environnement, permettra de mieux comprendre ces formidables astres que sont les couples d'étoiles massives, dont le rôle est primordial au sein du cycle de la matière.

Description Groupe/labo/encadrement : Cette thèse, encadrée par Sylvain Chaty, Professeur à l'Université Paris Diderot, sera effectuée au sein du LEPCHÉ (Laboratoire d'Etude des Processus Cosmiques de Haute Energie), dans le laboratoire AIM (Astrophysique Instrumentation Modélisations). Ce laboratoire est idéal pour effectuer cette thèse, couvrant plusieurs domaines de l'astrophysique en adéquation avec les thématiques de recherche de P2IO, et permettant des discussions avec les différents groupes travaillant sur les systèmes binaires, la formation stellaire, le milieu interstellaire, les galaxies, etc.