

Proposition de thèse de doctorat

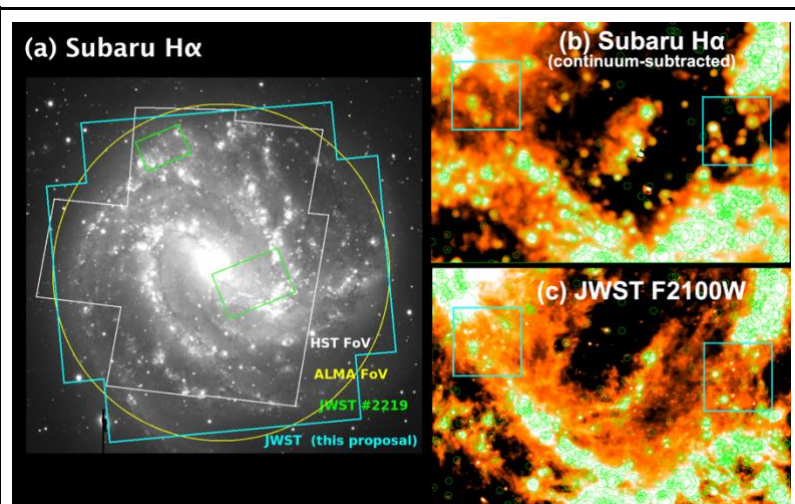
Titre : Décrypter la transition entre formation stellaire enfouie et exposée dans la galaxie M83 à l'aide du JWST et de données multi longueurs d'onde

Mots-clés : formation stellaire, accrétion de gaz, éjection de gaz, évolution des galaxies, barres galactiques, anneaux collisionnels, simulations numériques

Résumé du projet de thèse (4000 caractères) :

Les observations de galaxies à grand *redshift* montrent que les étoiles se forment alors que l'Univers est très jeune, soulevant des questions sur le rôle de la dynamique galactique — bras spiraux, barre, ondes de densité — dans le déclenchement de cette activité. Dans les nuages moléculaires denses, les jeunes étoiles restent enfouies dans un cocon poussiéreux qui masque leur émission optique. Ce n'est qu'après l'amorçage des réactions nucléaires, lorsque le gaz environnant est ionisé, que les régions H α deviennent visibles. Avant cette phase, l'émission infrarouge à 21 μ m constitue un traceur privilégié des objets les plus jeunes. La compréhension de ces étapes repose encore largement sur la Voie Lactée et quelques galaxies proches.

Le projet propose d'étudier ces processus dans la galaxie spirale barrée M83, analogue de la Voie Lactée située à moins de 5 Mpc. M83 sera entièrement cartographiée avec le *James Web Space Telescope* en infrarouge moyen grâce à une mosaïque qui sera réalisée avec l'instrument MIRI à 21 μ m programmée pour l'été 2026. Ces observations, combinées à un ensemble multi-longueurs d'onde exceptionnel (ALMA, Subaru, HST, VLA, GBT), offriront un laboratoire unique pour relier nuages moléculaires, dynamique galactique et régions de formation stellaire. Les données JWST permettront d'identifier les phases les plus précoces



Galaxie M83. a. Champ de vue des observations JWST à 21 μ m, et des données ALMA et HST. Le rectangle vert indique la zone déjà disponible dans les archives. Zoom correspondant au rectangle vert : émission H α (b, Subaru) et émission à 21 μ m (c, JWST).

Les données JWST permettront d'identifier les phases les plus précoces

(types O–B2), bien avant ce que révèle H α , tandis que les autres jeux de données caractériseront l’environnement physique et dynamique des régions étudiées.

Ce projet s’inscrit pleinement dans les priorités de l’Académie Spatiale d’Île-de-France : exploitation de données spatiales de pointe, traitement de données massives, interprétation multi-longueurs d’onde et modélisation physique. L’analyse des 36 pointages JWST/MIRI constituera un exercice formateur pour un doctorant, renforçant l’expertise francilienne autour du JWST et contribuant à la formation de jeunes chercheurs capables de valoriser des données spatiales complexes. Le projet doctoral développera des compétences directement mobilisables dans les métiers du spatial : analyse de données issues de missions spatiales, maîtrise des pipelines de traitement, interprétation astrophysique avancée et modélisation numérique.

Le positionnement scientifique est fort : M83 est plus proche et mieux couverte que les galaxies spirales du programme PHANGS, et la collaboration internationale avec le Pr Jin Koda (*Stony Brook University*) garantit un accès privilégié aux données et expertises. Le jeu de données couvrant l’ensemble de la galaxie est unique et permettra d’étudier les mécanismes de formation stellaire à l’échelle galactique avec une précision inégalée.

Le programme de thèse comprendra : (1) l’identification systématique des sources jeunes détectées à 21 μm ; (2) l’analyse de leur environnement galactique (bras spiraux, barre, densité de gaz) ; (3) la détermination des mécanismes déclencheurs, qu’ils soient dynamiques ou liés aux supernovæ ; (4) la confrontation des observations à des simulations hydrodynamiques RAMSES. Les cartes radio à 21 cm permettront notamment de tester l’impact des supernovæ via l’émission synchrotron.

Le projet devrait conduire à plusieurs publications dans des revues internationales et à des présentations dans des conférences majeures. Le doctorant bénéficiera des moyens matériels du laboratoire (LUX), incluant infrastructures informatiques, ressources documentaires et environnement de travail adapté. Il est possible d’envisager une cotutelle avec l’Université de Stony Brook à New York.

Acronymes :

ALMA : Atacama Large Millimeter Array, Chili ; **HST** : Hubble Space Telescope ; **GBT** : Green Bank Telescope, USA ; **PHANGS** : *Physics at High Angular resolution in Nearby Galaxies* (collaboration internationale) ; **Subaru** : T8.2m – Observatoire de Mauna Kea ; **VLA** : Very Large Array (Nouveau Mexique)

Thématique :

Formation stellaire précoce dans les galaxies proches à partir de données JWST/MIRI et observations multi-longueurs d’onde.

Domaine de recherche :

Astrophysique extragalactique — formation stellaire et évolution des galaxies proches.

Objectifs :

Identifier les phases les plus précoces de la formation stellaire dans la galaxie M83 grâce aux observations JWST/MIRI à 21 μm , sensibles aux objets jeunes encore enfouis dans leur cocon poussiéreux.

Relier ces jeunes sources à leur environnement galactique (bras spiraux, barre, densité de gaz moléculaire et atomique) afin de comprendre comment la dynamique galactique influence le déclenchement de la formation stellaire.

Comparer différents traceurs multi-longueurs d'onde (JWST, ALMA, HST, Subaru, VLA, GBT) pour caractériser les conditions physiques locales et les mécanismes responsables de l'évolution des régions de formation stellaire.

Tester les scénarios de déclenchement — compression dynamique du gaz ou impact des supernovæ — en confrontant les observations aux cartes radio à 21 cm et à des simulations hydrodynamiques RAMSES.

Produire une analyse complète à l'échelle galactique, permettant de mieux comprendre les liens entre nuages moléculaires, dynamique interne et formation stellaire dans une galaxie analogue à la Voie Lactée.

Contexte scientifique :

L'étude des galaxies à grand *redshift* montre que les étoiles se forment alors que l'Univers est encore très jeune, ce qui interroge les mécanismes de formation stellaire et leur lien avec la dynamique galactique (bras spiraux, ondes de densité). Dans les nuages moléculaires denses et poussiéreux, les jeunes étoiles restent enfouies dans un cocon poussiéreux qui masque leur émission optique. Lorsque les réactions nucléaires de l'étoile s'amorcent, le gaz est ionisé, le cocon se dissipe et la région H α devient visible. Avant cette phase, l'émission infrarouge à 21 μ m révèle les objets les plus jeunes. La compréhension de ces processus repose encore surtout sur la Voie Lactée et les galaxies proches.

Méthode :

L'étude reposera sur l'analyse des observations JWST/MIRI à 21 μ m pour identifier les jeunes objets stellaires dans M83. Ces sources seront comparées aux données multi-longueurs d'onde (ALMA, HST, Subaru, VLA, GBT) afin de caractériser leur environnement et leur stade évolutif. Une analyse spatiale permettra d'évaluer leur lien avec la dynamique galactique (bras spiraux, barre, densité de gaz). Les scénarios de déclenchement — compression dynamique ou impact des supernovæ — seront testés grâce aux cartes radio à 21 cm et confrontés à des simulations hydrodynamiques RAMSES. L'ensemble combinera traitement d'images, analyse statistique et modélisation numérique.

Résultats attendus :

Le projet devrait aboutir à une carte complète et homogène des phases précoces de formation stellaire dans la galaxie M83, identifiant systématiquement les sources jeunes détectées à 21 μ m. L'analyse multi-longueurs d'onde permettra de caractériser leur environnement physique et dynamique, et de déterminer dans quelles conditions la formation stellaire est déclenchée. Les comparaisons avec les cartes radio et les simulations hydrodynamiques devraient discriminer les mécanismes dominants — compression dynamique du gaz ou influence des supernovæ. L'ensemble fournira une vision cohérente des processus de formation stellaire à l'échelle galactique, avec des résultats publiables dans plusieurs revues internationales et présentables lors de conférences majeures.

Références bibliographiques :

Boquien & Salim 2021, A&A, 653, A149
Calzetti et al. 2025, ApJ, 991, 27
Della Bruna et al. 2022, A&A, 666, A29
Dobbs & Baba 2014, PASA, 31, 35
Eibensteiner et al. 2023, A&A, 675, A37
Hernandez et al. 2020, MNRAS, 493, 2872
Hirota et al. 2024, ApJ, 976, 198
Kawamura et al. 2009, ApJS 184, 1
Kim et al. 2022, MNRAS, 516, 3006
Koda et al. 2023, ApJ, 949, 108
Koda et al. 2025, ApJ, 986, 29
Lee et al. 2024, ApJ, 968, 97
Pedrini et al. 2025, ApJ, 992, 96
Rosolowsky et al. 2021, MNRAS, 502, 1218
Sextl et al. 2025, ApJ, 987, 138
Wang et al. 2021, MNRAS, 508, 6155

Conditions scientifiques matérielles (conditions de sécurité spécifiques) et financières du projet de recherche

L'étudiant bénéficiera des conditions matérielles et logistiques standard offertes au sein du LUX, incluant l'accès aux infrastructures informatiques, aux ressources documentaires, aux espaces de travail et aux outils nécessaires à la conduite du projet doctoral.

Ouverture Internationale

Jin Koda (Stony Brook Univ., NY, USA)

Collaborations envisagées

Jin Koda (Stony Brook Univ., NY, USA)

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...:

Le projet devrait donner lieu à plusieurs publications évaluées par les pairs ainsi qu'à des présentations lors de grandes conférences internationales, assurant une forte visibilité au sein des communautés de l'astrophysique et des sciences spatiales.

Superviseur(s) de stage (nom, email, téléphone, ...):

Anne-Laure Melchior (Anne-Laure.Melchior@obspm.fr) -- 01 40 51 20 61

Françoise Combes (Francoise.Combes@obspm.fr) -- 01 40 51 20 77

Lieu du stage :

UMR-8262 LUX

Laboratoire d'étude de l'Univers et des phénomènes eXtrêmes

77, avenue Denfert-Rochereau 75014 Paris

Profil et compétences recherchées

Le candidat devra posséder une solide formation en physique et en astrophysique, avec un intérêt marqué pour l'étude des galaxies et de la formation stellaire. Une bonne maîtrise de langages de programmation (e.g. python) et d'outils scientifiques est attendue. Une expérience en analyse de données (par exemple, images astronomiques) du traitement et de l'analyse de données (Python, outils scientifiques, manipulation d'images astronomiques)

et/ou des compétences en statistique, modélisation numérique ou simulations hydrodynamiques constitueront un atout. Le projet requiert également rigueur, autonomie, capacité à travailler en équipe dans un contexte international, et aptitude à communiquer les résultats sous forme écrite et orale.