

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **09 septembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Madame LANGAN Ivanna**

Titre de la thèse : « *Études multi-longueurs d'onde du cycle baryonique des galaxies en formation d'étoiles* »



Résumé

Une des grandes questions en astronomie est de comprendre comment les galaxies, similaires à la nôtre, la Voie Lactée, se forment et évoluent au fil du temps. Grâce aux instruments modernes, nous observons l'Univers depuis le fond diffus cosmologique (CMB), 380 000 ans après le Big Bang, jusqu'à l'Univers actuel, où de nombreuses galaxies massives comme Andromède ou les Galaxies des Souris sont observées. La recherche extragalactique vise à comprendre cette évolution depuis les petites fluctuations de densité du CMB jusqu'aux galaxies qui peuplent notre voisinage.

En 1924, Edwin Hubble prouve l'existence de galaxies autres que la nôtre, et marque ainsi le début de la recherche extragalactique. Un siècle plus tard, nous savons que les galaxies sont des écosystèmes complexes, évoluant à travers des mécanismes physiques multi-échelles, impliquant des processus séculaires et stochastiques. Un processus clé dans cette évolution est le cycle des baryons, où la matière baryonique circule entre le milieu interstellaire (à l'intérieur des galaxies) et le milieu circumgalactique (à l'extérieur des galaxies; CGM). Ce cycle comprend l'accrétion de gaz froid, la formation d'étoiles, l'enrichissement chimique, et l'expulsion de gaz enrichi vers le CGM.

L'évolution des galaxies a été marquée par le pic de formation d'étoiles au *Cosmic Noon* (redshifts $z \sim 1-3$), lorsque l'Univers avait entre 2 et 6 milliards d'années. Cette thèse examine le cycle des baryons dans les galaxies formant activement des étoiles, en se concentrant sur cette période jusqu'à l'Univers proche. Bien que nous ayons un cadre théorique solide pour étudier ce cycle, les observations restent complexes en raison de la faible densité et de la nature diffuse du CGM.

Pour cette thèse, j'ai utilisé des observations multi-longueurs d'onde avec les instruments MUSE et X-Shooter du VLT, ainsi que l'interféromètre ALMA, pour sonder les flux de gaz et les fusions de galaxies. Trois études composent cette thèse:

- 1. Impact des flux de gaz sur les propriétés baryoniques des galaxies :** Utilisant des observations optiques et proche-infrarouge, j'ai mesuré la métallicité et le taux de formation d'étoiles de 391 galaxies aux redshifts $z = 0.35-1.4$. En utilisant la technique des quasars en arrière-plan pour former un échantillon de galaxies à flux sortants (*outflow selected galaxies*) et un autre échantillon de galaxies à flux entrants (*inflow selected galaxies*), j'ai trouvé que les *outflow selected galaxies* tendent à être riches en métaux, et les *inflow selected galaxies* montrent des taux de formation d'étoiles élevés.
- 2. Fusion poussiéreuse de galaxies et propriétés baryoniques individuelles :** J'ai identifié une fusion de deux galaxies à redshift $z = 1.17$, découverte grâce aux observations submillimétriques d'ALMA et la combinaison de données d'observations dans les domaines UV à radio. Avec l'accès rare à la combinaison des observations CO à transitions multiples ALMA, des observations de continuum de poussière et des données multi-longueurs d'onde j'ai étudié les propriétés baryoniques des deux galaxies via la technique *SED fitting*. Les résultats indiquent que les fusions peuvent augmenter la formation d'étoiles, bien que les galaxies impliquées montrent des différences internes significatives.
- 3. Étendue du gaz moléculaire dans et autour des galaxies :** Empilant des observations de CO d'ALMA, j'ai trouvé que le gaz moléculaire s'étend à des échelles d'au moins 12 kpc, suggérant du matériel enrichi en métaux expulsé des galaxies. Cependant, des conclusions solides nécessitent plus d'informations sur les disques stellaires.

Les résultats de ces études soulignent l'importance des flux de gaz et des fusions dans l'évolution des galaxies. L'utilisation d'observations multi-longueurs d'onde a permis d'explorer différents aspects du cycle des baryons et de l'évolution galactique. Cependant, des défis subsistent, et des investigations supplémentaires sont nécessaires. De futures observations avec le JWST, ou futur ELT par exemple, avec leurs capacités avancées, permettront de repousser les limites actuelles de notre connaissance en astronomie.