



Proposition de thèse
Spécialité: Chimie Physique – Astrophysique

Financement assuré par une Allocation du Ministère

Espèces prébiotiques sous conditions Extrêmes: Synthèse cryogénique de molécules d'intérêt astrobiologique

Direction : Pr. Lahouari KRIM
Sorbonne Université

Laboratoire MONARIS "de la Molécule aux Nano-objets: Réactivité, Interactions et Spectroscopies"
E-mail : lahouari.krim@sorbonne-universite.fr

Les missions d'observation de plus en plus performantes permettent aujourd'hui aux astronomes d'avoir accès à des données qui étaient totalement inaccessibles auparavant. Des radiotélescopes puissants sont développés au sol, et des appareils embarqués rapportent des échantillons provenant des confins du système solaire à la recherche d'une vie primitive ou des espèces chimiques primaires favorables à l'apparition d'une certaine forme de vie. Ces missions d'observation doivent impérativement être accompagnées de nouvelles stratégies d'études de laboratoire. Ces études de laboratoire sont nécessaires pour décrire l'historique (création, évolution, destruction) des espèces exobiologiques ou des blocs moléculaire précurseurs de molécules prébiotiques. Peu d'expériences de laboratoire portent sur l'étude de la réactivité chimique impliquant la formation et l'évolution des espèces prébiotiques dans un environnement mimant les conditions extrêmes des atmosphères de notre système solaire, des systèmes exoplanétaires et du milieu interstellaire. Ces études de laboratoire réalisées se basent sur deux méthodes expérimentales et théoriques:

- L'étude de réactions d'addition atomique ou radicalaire sur des espèces insaturées déjà détectées dans l'univers.
- L'étude de réactions induites par source thermique, photonique ou atomique mimant les différents rayonnements cosmiques, thermiques ou UV de l'univers.

Les réactions induites par l'apport d'énergie sont principalement étudiées à la surface des analogues de glaces astrophysiques alors que les réactions d'addition atomique ou radicalaire sont essentiellement focalisées autour des réactions d'hydrogénation de molécules simples comme CO, HCN ou H₂CO.

Malheureusement, les résultats issus de toutes ces études ne permettent pas de justifier les abondances de certaines espèces dans l'espace ni d'expliquer la non-détection de certaines molécules. La non-détection de NH₂OH et CH₂OH ou de molécules hydroxylées plus complexes que CH₃OH reste par exemple un des problèmes majeurs aussi bien pour les observations astronomiques que pour les études de laboratoire réalisées dans ce domaine.

Nous avons conçu au laboratoire MONARIS un montage expérimental MASSIR dédié à l'étude de la formation de molécules organiques à la surface de grains de glace. Ce montage expérimental est constitué d'une chambre de réaction maintenue sous un vide 10⁻¹⁰ mbar à l'aide de deux pompes Turbo. Cette chambre est équipée d'un cryostat dont la tête est munie d'un porte-échantillon hexagonal, et elle peut atteindre des températures aussi basses que 3K. Cette chambre est liée à

Lahouari KRIM, professeur @ Sorbonne Université
Laboratoire MONARIS "de la Molécule aux Nano-objets: Réactivité, Interactions et Spectroscopies"
Responsable du pôle « Espèces moléculaires d'intérêt atmosphérique et interstellaire » UMR CNRS-SU 8233,
Sorbonne Université, Campus Pierre et Marie Curie,
4 place Jussieu 75252 Paris Cedex 05
Tel : 01. 44. 27. 30. 23
Fax: 01. 44. 27. 30. 21
E-mail : lahouari.krim@sorbonne-universite.fr

plusieurs rampes d'injection des réactifs stables ou instables qui viennent se condenser sur une des faces du porte-échantillon. La réactivité en phase solide est caractérisée par spectroscopie infrarouge. L'échantillon peut être également chauffé progressivement de 3 à 300 K afin d'étudier les phénomènes de désorption mimant la sublimation des glaces galactiques. Dans le cadre de ce projet nous nous intéresserons à la formation d'espèces ayant des fonctions CO, CN et NH et pouvant être impliquées en chimie prébiotique comme $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CN}$ l'un des précurseurs de la glycine. Ces études sont réalisées en couplant trois pôles, la chimie organique, la chimie physique et la chimie théoriques autour de la formation de molécules prébiotiques en phase solide et leurs injections en phase gaz. Une fois l'étape formation en phase solide de MOC est finalisée, nous chercherons à caractériser le rôle catalytique de l'eau sur ces réactions, de façon à davantage reproduire les conditions des glaces interstellaires ou cométaires. Notre système expérimental MASSIR est particulièrement adapté pour de telles études, puisqu'il est possible, d'incorporer une quantité variable et maîtrisée de molécules d'eau dans les analogues de glace étudiés. Nous envisageons de privilégier les analogues de glace composés d'espèces à couche fermée ou radicalaires, déjà détectées dans le milieu interstellaire et ayant des fonctions CO, CN et NH, des groupements essentiels à la vie terrestre. En ce sens, nous étudierons des composés organiques et nous caractériserons les espèces chimiques pouvant être formées au cours des réactions radicalaires pour former les briques des acides aminés et de protéines tels que CONH, NHCH_2CO , H_2NCH_2 , H_2NCHCH_3 , $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_3$, HCOOH , CH_3COOH et étudier leurs évolutions dans un milieu extrême mimant les conditions du milieu interstellaire. L'abondance et la nature des produits formés seront analysées par spectroscopie IR en phase solide et par spectroscopie de masse et Terahertz durant la désorption de l'échantillon solide. Ce couplage glace-phase-gaz permettra de suivre les processus de formation et d'évolution de molécules complexes jouant un rôle important dans l'apparition de la vie dans des conditions extrêmes.

Appareil et techniques utilisés:

Techniques de l'ultravide
Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier
Spectromètre de masse
Lampe d'irradiation VUV (ultra violet sous vide)
Source radicalaire à plasma micro-ondes
Modélisation.

Mots clés:

Astrochimie et Astrophysique, Spectroscopie Infrarouge, Spectrométrie de masse, réactivité, cryogénie

L'étudiant ou l'étudiante doit avoir une formation de physico-chimiste avec des bases solides en spectroscopie infrarouge, spectrométrie de masse et anglais.