

Quand la nébuleuse protosolaire forgeait les briques de la vie

Marseille, le 02 décembre 2024 – Une équipe de recherche internationale, dont des chercheurs du laboratoire d'astrophysique de Marseille (LAM, CNRS/Aix Marseille Université) et du laboratoire Physique des interactions ioniques et moléculaires (PIIM, CNRS/Aix Marseille Université) au sein de l'Institut Origines, a étudié la nébuleuse protosolaire, qui pourrait avoir joué un rôle essentiel dans l'apparition de la vie dans notre système solaire. Les résultats de ces travaux ont été publiés le 28 novembre 2024 dans *Astronomy & Astrophysics*.

Les disques protoplanétaires, structures de gaz et de poussières entourant les jeunes étoiles, sont les lieux de formation des planètes. Comprendre l'évolution et la composition de ces disques est essentiel pour élucider l'origine et la formation des planètes¹. L'étude de l'évolution de la composition de la nébuleuse protosolaire, le disque à l'origine de notre système solaire, est un domaine de recherche actif. Les observations récentes de ces disques révèlent la présence de molécules organiques complexes, soulignant l'importance de ces régions pour la formation des planètes.

Les molécules organiques complexes (COMs), composées de plus de six atomes de carbone, d'oxygène, d'azote et d'autres éléments, sont des témoins d'une diversité moléculaire potentiellement liée à l'origine de la vie. Elles ont été observées dans les astéroïdes et les comètes, où elles sont considérées comme des vestiges primordiaux issus de la formation du système solaire. Leur présence dans ces objets suggère qu'elles pourraient également exister dans les intérieurs des planètes et de leurs lunes. L'origine des COMs demeure un sujet de recherche dynamique, avec plusieurs hypothèses en jeu. L'une d'elles propose que ces molécules se seraient formées dans la nébuleuse protosolaire à partir de grains de glace, sous l'influence de divers processus physiques et réactions chimiques. En particulier, des expériences ont montré que l'irradiation de glace de méthanol avec des photons UV, dans des conditions simulant celles des disques protoplanétaires (basse pression et basse température), permet de créer ces molécules organiques complexes².

En utilisant un modèle simulant l'évolution de la nébuleuse protosolaire^{3,4}, l'équipe de scientifiques a pu déterminer les propriétés de ce disque, y compris son irradiation par des sources UV interstellaires. Le couplage avec un modèle de transport des particules a permis de quantifier l'irradiation moyenne subie par un grain de glace dans cet environnement, puis de comparer ces résultats aux valeurs expérimentales ayant conduit à la formation de molécules organiques complexes. Des simulations, basées sur différentes conditions initiales et impliquant 500 particules chacune, ont permis d'obtenir des résultats pertinents.

La dose d'irradiation reçue par les particules dans le disque protoplanétaire varie en fonction de leur taille et de leur localisation. Le disque est plus dense dans les zones proches de l'étoile et dans le plan médian. Les grains plus petits, de l'ordre du micromètre, étant plus mobiles verticalement, peuvent atteindre des régions moins denses et donc plus irradiées. En revanche, les grains plus gros, confinés dans le plan médian et attirés par l'étoile, subissent une irradiation moindre.

Ainsi, en considérant une large gamme de tailles et de localisations, on observe que les particules les plus petites et les plus éloignées de l'étoile sont plus fortement irradiées. L'étude montre que des COMs peuvent se former à partir de l'irradiation de particules de 1 à 100 micromètres, situées dans des régions s'étendant de la localisation de Jupiter jusqu'à la périphérie du système solaire, et cela sur des échelles de temps relativement courtes, de 15 à 350 milliers d'années. En revanche, les particules plus grosses, de l'ordre du centimètre, ne reçoivent pas suffisamment d'irradiation dans les zones plus proches que l'orbite de Saturne, nécessitant près d'un million d'années pour accumuler suffisamment d'irradiation afin de former des COMs¹.

Les conditions particulières régnant dans les disques protoplanétaires favorisent la formation de COMs à différentes époques et dans diverses régions du disque. L'irradiation UV de la glace de méthanol recouvrant des particules de 1 micromètre à 1 centimètre permet ainsi la création de ces COMs dans la nébuleuse protosolaire, depuis l'orbite de Jupiter jusqu'aux confins du système solaire. Ce processus pourrait avoir joué un rôle essentiel dans l'émergence des molécules précurseurs de la vie au sein de notre système solaire¹.

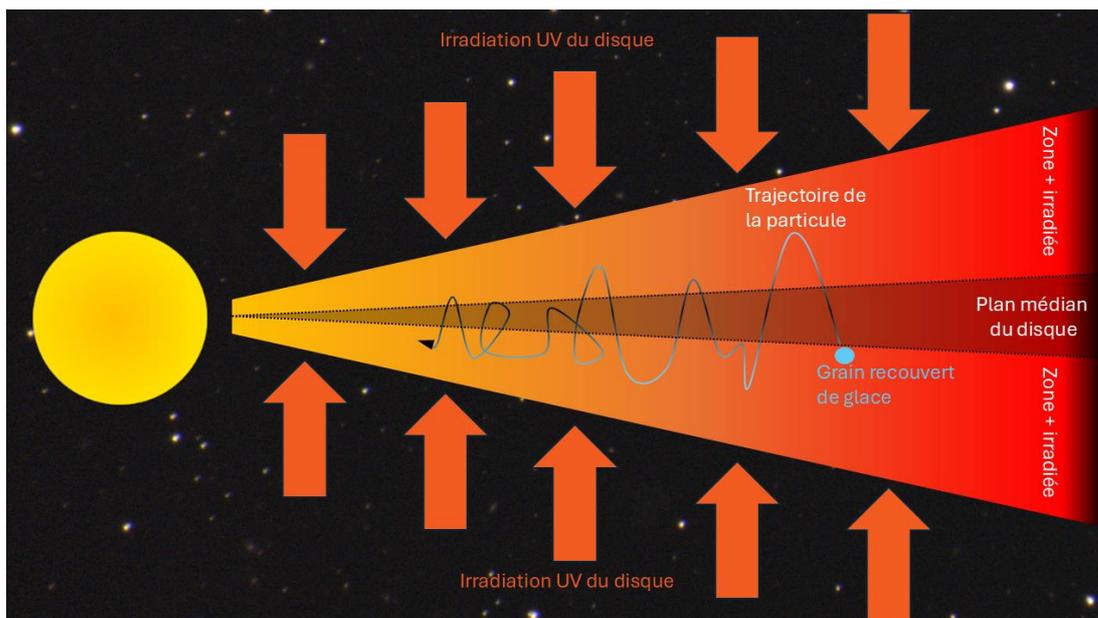


Figure 1: Illustration du transport des particules dans un disque protoplanétaire. L'irradiation interstellaire pénètre perpendiculairement au disque, de sorte que les régions proches de la surface du disque sont les plus irradiées, tandis que le plan médian est totalement opaque aux rayons UV. Les grains se déplacent à la fois radialement et verticalement, ce qui les expose à des conditions d'irradiation variées en fonction de leur trajectoire.

Références :

1. Benest Couzinou T., Mousis O., Danger G., Schneeberger A., Aguichine A., Bouquet A., Journey of complex organic molecules: Formation and transport in protoplanetary disks, A&A, le 28 novembre 2024
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202449499>
2. Tenelanda-Osorio L., Bouquet A., Javelle T., Mousis O., Duvernay F., Danger G., Effect of the UV dose on the formation of complex organic molecules in astrophysical ices: irradiation of methanol ices at 20K and 80K, MNRAS **515**, 5009 (2022)
3. Aguichine A., Mousis O., Devouard B., Ronnet T., Rocklines as Cradles for Refractory Solids in the Protosolar Nebula, ApJ, **901**, 97 (2020)
4. Schneeberger A., Mousis O., Aguichine A., Lunine J.I., Evolution of the reservoirs of volatiles in the protosolar nebula, A&A, **670**, A28 (2023)

Contacts chercheurs :

Tom Benest, tom.benest@lam.fr, tél: 06 64 18 89 60
Olivier Mousis, olivier.mousis@lam.fr, tél: 06 60 85 33 92

Contacts presse :

Direction de la communication d'Aix Marseille Université

Clara Bufi – Directrice de la communication

clara.bufi@univ-amu.fr

06 28 43 04 92

Bureau de presse CNRS

presse@cnrs.fr

01 44 96 51 51