

COMMUNIQUE DE PRESSE

Sous embargo jusqu'au 20 Mai 2021, 10h, heure de Paris

L'origine de la vie : l'asymétrie naturelle des biomolécules pourrait être due à un processus photophysique dans l'espace

Les molécules chirales existent sous deux formes, dites énantiomères, qui ne peuvent être superposées mais sont des images miroir l'une de l'autre. Les acides aminés, des molécules chirales qui sont les briques élémentaires des protéines, n'existent dans le monde vivant que sous leur forme gauche. Comment ce processus de sélection s'est-il produit ? Des chercheurs du Synchrotron SOLEIL, près de Paris, en collaboration avec une équipe de l'Université de Nottingham, confirment sur l'acide aminé proline un scénario, proposé il y a quelques années pour un autre acide aminé, l'alanine. Les acides aminés, sous forme de gaz, interagiraient avec de la lumière ultraviolette elle-même « chirale », capable d'induire un excès de l'énantiomère gauche ou droit dans une direction donnée de l'espace. L'étude montre en outre que ce phénomène serait vrai sur une large gamme de températures, c'est à dire compatible avec l'origine interstellaire de ces briques élémentaires de la vie. Ces travaux viennent d'être publiés dans la revue *Communications Chemistry* (groupe Nature).

Depuis sa découverte par Pasteur il y a plus de 150 ans, l'origine de l'asymétrie biomoléculaire, ou homochiralité de la vie (par exemple, le fait que les acides aminés, qui constituent les briques élémentaires chirales des protéines, sont tous de type gauche) reste un mystère non résolu et troublant, probablement lié à l'origine de la vie elle-même. La brisure de symétrie, et sa possible nature déterministe due aux lois chimiques ou physiques, a été au cœur d'un large éventail de scénarios. De nombreux acides aminés ont été découverts dans des météorites carbonées avec des excès énantiomériques (E.E.), c'est-à-dire un ratio gauche/droite différent de 50/50, et une composition isotopique indiquant une origine extraterrestre. Dans l'hypothèse d'une origine interstellaire des briques élémentaires de la vie, il est nécessaire d'identifier un biais asymétrique appliqué avant l'arrivée de cette matière interstellaire sur notre planète, induisant un E.E. significatif qui était probablement une condition nécessaire au développement de la vie sur Terre.

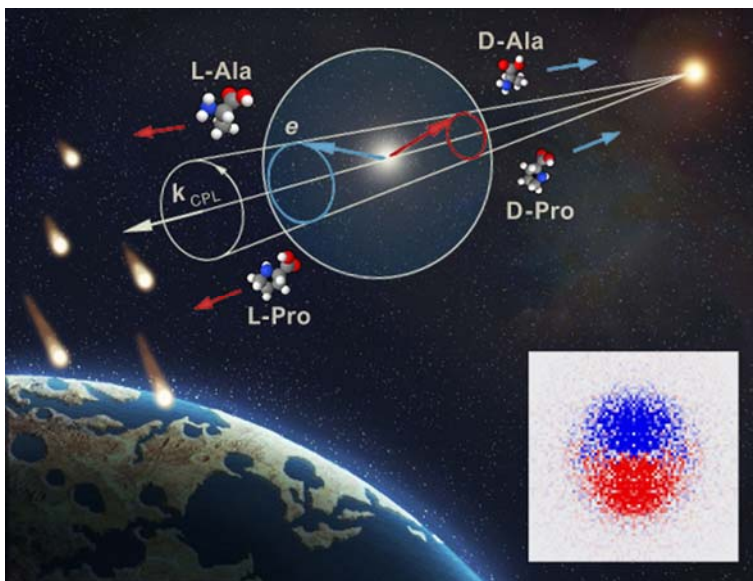
Parmi les scénarios déterministes figurent ceux qui se basent sur des processus asymétriques induits par la lumière polarisée circulairement (LPC), c'est-à-dire des photons eux-mêmes chiraux susceptibles d'interagir différemment (en fonction de leur chiralité) avec un énantiomère gauche ou droit. Ce processus, connu sous le nom de reconnaissance chirale, pourrait être comparé à une chaussure droite adaptée à un pied droit. Des sources astronomiques de LPC ont effectivement été signalées, notamment dans des régions riches en formations d'étoiles comme celles où est né notre soleil. Plusieurs processus *photochimiques* asymétriques ont été proposés et simulés sur des analogues de glace interstellaire à l'état solide avec de la LPC dans le domaine des UV, produisant un E.E. significatif de l'ordre de quelques %.

Dans l'article récemment publié dans *Communications Chemistry*, les chercheurs confirment

un processus *photophysique* asymétrique alternatif, agissant sur les acides aminés sous forme gazeuse : suite à leur ionisation (éjection d'un électron) par de la lumière chirale UV, les énantiomères ioniques gauche et droit subissent un mouvement de recul dans des directions opposées par rapport à l'axe de la lumière incidente, par un effet nommé Dichroïsme Circulaire de Photoélectrons (PECD).

Les expériences ont été menées sur la ligne de lumière DESIRS au synchrotron SOLEIL, en utilisant des photons « chiraux » dans le domaine des UV lointains (longueurs d'onde proches des rayons X) pour ioniser de la proline, l'un des 22 acides aminés composant les protéines. Avec de la lumière UV correspondant au rayonnement le plus intense rencontré dans l'environnement interstellaire (longueur d'onde = 121 nm), une asymétrie entre les deux énantiomères correspondant à un E.E. maximal atteignant 12 % a été mesurée. C'est-à-dire que, si l'on suit la direction de propagation de la lumière UV, la concentration en énantiomère ionique gauche est plus importante de 6% (et donc celle de l'énantiomère ionique droit plus faible de 6%...) dans une zone de l'espace située à l'avant du nuage contenant un mélange un mélange initial 50/50 des deux formes de l'acide aminé neutre, proportions qui s'inversent à l'arrière de ce même nuage. Le point capital est que cette asymétrie va dans le même sens que celle de l'alanine (voir figure) et de la sérine, deux autres des 22 acides aminés « du Vivant ».

Enfin, les mesures expérimentales réalisées à trois températures, associées à des simulations théoriques des asymétries, permettent d'extrapoler les résultats sur une large gamme de températures (de quelques degrés K à quelques centaines de degrés K) telles que possiblement rencontrées dans l'espace interstellaire, et de valider ainsi le scénario quelles que soient ces conditions thermiques astrophysiques pour les trois acides aminés étudiés à ce jour.



Vue d'artiste illustrant la manière dont l'ionisation asymétrique de l'alanine et de la proline gazeuses, induisant une distribution angulaire asymétrique avant/arrière de l'électron éjecté, produit un flux asymétrique d'énantiomères ionisés correspondant à un excès énantiomérique dans une ligne de vue donnée.

Le PECD semble ainsi être un processus asymétrique capable de produire un gaz d'ions énantiio-enrichis d'une chiralité donnée, qui se sépare de son homologue puis qui est capturé, neutralisé et intégré par des comètes et des météorites ensemençant la Terre avec de la matière organique exogène présentant un E.E. initial. Ainsi, il est possible que ce processus, combiné

à d'autres, ait pu déclencher l'apparition d'une asymétrie biomoléculaire et par conséquent contribuer à l'apparition de la vie sur Terre.

Bibliographie

“Conformer-Dependent VUV Photodynamics and Chiral Asymmetries in Pure Enantiomers of Gas Phase Proline”, R. Hadidi, D. K. Bozanic, H. Ganjitabar, G. A. Garcia, I. Powis, and L. Nahon, *Commun. Chem.* (2021 sous presse)

Contacts

Chercheur | Laurent Nahon | T +33 (0)6 60 96 95 10 |

Communication SOLEIL | Isabelle Quinkal | T +33 (1) 69 35 90 06 | quinkal@synchrotron-soleil.fr