

L'ESSENTIEL

> Avec des conditions de température et de pression très différentes de celles régnant sur Terre, il se forme dans l'espace des molécules inconnues des chimistes, ou qui n'ont été synthétisées qu'en laboratoire.

> L'étude des débuts de l'Univers suggérait aux astrochimistes que l'ion d'hydrure d'hélium HeH^+ a probablement été la première molécule à se former dans le cosmos.

> Ce n'est que récemment, grâce à de nombreux progrès dans l'analyse du rayonnement émis par des objets astrophysiques, que les chercheurs ont découvert HeH^+ dans le milieu interstellaire.

> Les scientifiques ont aussi éclairci l'énigme des « bandes interstellaires diffuses » en mettant en évidence d'autres molécules présentes dans ce milieu.

L'AUTEUR



RYAN C. FORTENBERRY
maître de conférences de chimie
physique à l'université du Mississippi,
aux États-Unis

La première molécule de l'Univers

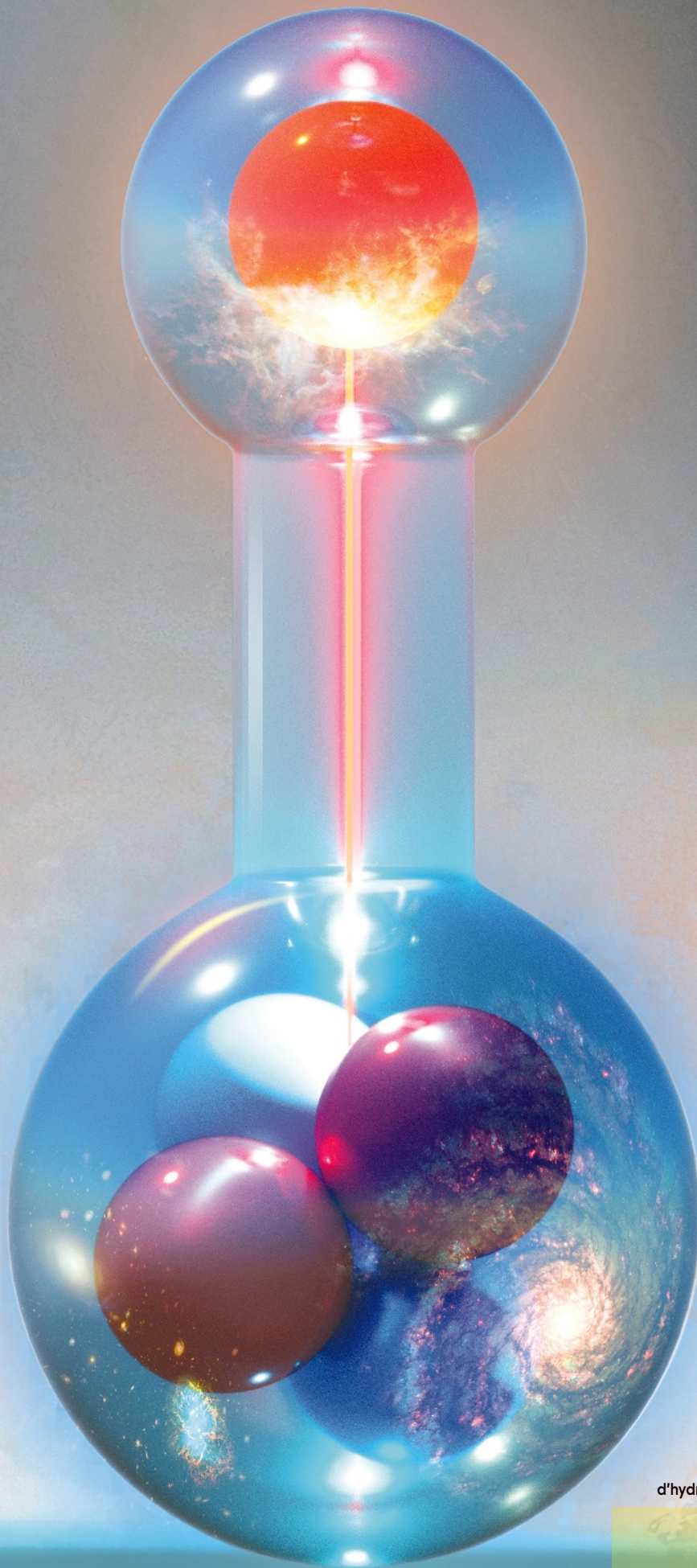
Depuis longtemps, les chercheurs pensaient que l'ion d'hydrure d'hélium, HeH^+ , avait été la première molécule à se former dans le cosmos. Mais cet ion restait impossible à détecter dans l'espace. Jusqu'à tout récemment...

Lors de la naissance de l'Univers, le Big Bang a libéré une quantité considérable d'énergie qui s'est transformée en une soupe extrêmement chaude de particules fondamentales, notamment les électrons, les photons et les constituants élémentaires des noyaux atomiques, les quarks. Ce milieu a évolué rapidement, mais l'apparition des atomes et des molécules a été plus tardive. Si l'histoire de la formation des atomes est bien comprise et confirmée aujourd'hui par diverses observations, celle des premières molécules est plus incertaine. Quelle molécule s'est formée en premier ? Pour les astrochimistes, il est très probable que ce fût l'hydrure d'hélium, composé d'un atome d'hydrogène et d'un autre d'hélium. Mais pour confirmer cette hypothèse, il était nécessaire de retrouver cette molécule dans le milieu interstellaire. Cette quête n'a abouti que très récemment.

Pour comprendre pourquoi l'hydrure d'hélium s'est formé en premier, il faut se replonger dans la soupe primordiale de l'Univers. Dès sa naissance, le cosmos était animé d'une dynamique d'expansion spatiale entraînant une

baisse rapide de sa température. Ce refroidissement a permis la formation de nouveaux édifices. En moins d'une microseconde après le Big Bang, les quarks se sont associés grâce à l'interaction forte pour donner naissance aux protons et aux neutrons. Et dans les minutes qui ont suivi, ces protons et neutrons ont commencé à se combiner et former les noyaux atomiques les plus simples : ceux d'hydrogène (un simple proton), de deutérium (un proton et un neutron), d'hélium (deux protons et deux neutrons) et plus rarement de lithium (trois protons et trois ou quatre neutrons).

En s'appariant avec autant d'électrons qu'ils ne contiennent de protons, les noyaux forment des atomes, électriquement neutres. Mais parce que la température de la soupe était encore trop élevée, les photons très énergétiques arrachaient instantanément les électrons de ces associations. La soupe est restée un plasma de constituants électriquement chargés, des noyaux et des électrons, pendant des centaines de milliers d'années. Les photons, en interaction permanente avec ces particules chargées, ne pouvaient pas se propager librement sur de longues distances. Conséquence : l'Univers est resté opaque pendant près de 380 000 ans. Puis, >



Vue d'artiste de la molécule d'hydruure d'hélium avec son atome d'hélium en bas et celui d'hydrogène en haut.

> à cette époque, la température a assez baissé pour que les premiers atomes neutres se forment durablement, ce qui a permis aux photons de se propager et de s'échapper, constituant un rayonnement dont on observe encore aujourd'hui le vestige, le « fond diffus cosmologique ».

Parmi tous les noyaux atomiques en compétition pour capter des électrons, l'hélium a été le premier à former des atomes neutres. Pourquoi l'hélium et pas l'hydrogène ou le lithium? L'hélium, premier élément inerte, ou « gaz noble » (ou « gaz rare »), du tableau périodique des éléments, est particulièrement stable lorsqu'il comporte deux électrons. Autrement dit, il faut fournir beaucoup plus d'énergie pour lui arracher un électron qu'il n'en faut, par exemple, pour l'hydrogène. Cette stabilité s'explique par la structure en couches des électrons dans les atomes. Quand une couche est remplie, l'assemblage est plus stable; or la première couche électronique contient deux places. Dans l'atome d'hydrogène, qui n'a qu'un seul électron, cette première couche n'est pas remplie, contrairement à l'hélium.

UNE CHASSE AUX ÉLECTRONS

Dans la prime jeunesse de l'Univers, quand les noyaux d'hélium ont commencé à rencontrer des électrons, ils ont donc rempli la première couche de leur nuage électronique sans que les noyaux d'hydrogène puissent rattraper leur retard dans ce processus de capture d'électrons, et bien avant que les noyaux de lithium soient même présents pour récolter, chacun, les trois électrons nécessaires pour devenir des atomes neutres.

Pendant une brève période, l'Univers a contenu des atomes d'hélium neutres et une grande majorité de noyaux d'hydrogène (des protons seuls), dont la charge électrique a commencé à jouer un rôle important dans

l'évolution cosmique. Avec le refroidissement du milieu, les protons ont ainsi peu à peu ralenti et ont été d'autant plus attirés par des entités chargées négativement. Mais comme l'hélium avait déjà capté une bonne partie des électrons, les électrons libres étaient plus rares et les rapprochements directs entre un proton et un électron étaient d'autant plus exceptionnels.

En revanche, les protons étaient attirés par les électrons présents dans les atomes d'hélium nouvellement formés. Bien que l'hélium perde difficilement ses électrons, certains atomes d'hélium ont fini, à force de collisions fréquentes, par mutualiser leurs deux électrons avec des noyaux d'hydrogène. C'est ainsi que se sont formées les premières liaisons chimiques, donnant naissance à une espèce chimique constituée d'hélium et d'hydrogène, nommée « hydruide d'hélium » ou encore « hélonium ». De formule chimique HeH^+ , cet ion moléculaire – on s'autorisera dans la suite le terme « molécule » qui, en toute rigueur, désigne une structure électriquement neutre – aurait donc été le premier composé complexe présent en quantité significative dans l'Univers.

Le fait que l'hélium ait été le premier élément à former des liaisons chimiques nous paraît surprenant, car nous considérons d'ordinaire l'hélium comme l'élément le moins susceptible de se lier à d'autres, les atomes de ce gaz noble ayant un nombre d'électrons qui garantit une très grande stabilité. Mais dans l'Univers primitif, la situation était en fait très particulière: l'hélium était l'unique « banque à électrons » disposée à en « prêter » aux charges positives, les protons.

Ce scénario est solidement étayé par des arguments théoriques depuis plusieurs décennies, mais il manquait encore des observations concrètes pour le corroborer. La molécule

