

> s'établissait entre les deux atomes d'hydrogène pour former l'ion H_2^+ . L'atome d'hélium, pour sa part, se retrouvait isolé.

Si l'on se conforme à ce scénario, la brève existence de HeH^+ aurait peu d'importance dans le cours de l'histoire de l'Univers. Mais c'est loin d'être le cas. D'après les modèles portant sur les réactions chimiques possibles à cette époque, les astrochimistes pensent que, sans la présence de HeH^+ , l'ion H_2^+ , ainsi que la molécule de dihydrogène, H_2 , se seraient formés beaucoup plus lentement : les autres chemins menant à ces composés requièrent plus d'énergie. Puis la formation de H_2 a donné naissance à de nombreuses autres espèces chimiques : l'ion H_3^+ , qui a engendré CH^+ , qui a lui-même produit CH_2^+ et une succession d'autres molécules. Finalement, cette cascade a donné naissance à l'eau (H_2O), à l'éthanol (C_2H_5OH) et à des molécules plus grosses. Toutes ces transformations ont pour origine première la liaison faible et asymétrique dans HeH^+ ; sans cet ion, l'Univers serait bien différent de celui que nous connaissons.

En 2013, les astrochimistes étaient frustrés de n'être toujours pas parvenus à détecter HeH^+ . Mais cette année-là, une lueur d'espoir est apparue lorsque des chercheurs ont découvert l'ion ArH^+ , contenant de l'argon – un élément inerte comme l'hélium –, dans la nébuleuse du Crabe, un reste de supernova. Les scientifiques ont alors axé leurs recherches de HeH^+ dans des environnements similaires, très chauds. Un problème majeur s'est toutefois posé. Les raies spectrales permettant d'identifier l'état fondamental de HeH^+ sont très proches de celles de deux transitions, d'un état interne à un autre, de la molécule CH (la toute première molécule jamais observée dans l'espace). Aucun télescope alors en service n'était capable de distinguer leurs signatures spectrales.

UN TÉLESCOPE SUR UN AVION

C'est alors que fut mis à contribution l'Observatoire stratosphérique pour l'astronomie infrarouge (*Sofia*, pour *Stratospheric observatory for infrared astronomy*), le résultat d'une collaboration entre la Nasa et le Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR) – l'agence spatiale allemande. Il s'agit d'un télescope infrarouge aéroporté : dans le flanc d'un avion, un Boeing 747 reconverti, une ouverture a été pratiquée pour permettre au télescope de réaliser des observations à haute altitude.

En mai 2016, une équipe internationale a utilisé *Sofia* pendant trois nuits pour scruter l'espace. Le télescope de *Sofia* a une résolution spectrale suffisante pour discerner le marqueur spectroscopique unique de HeH^+ , à une fréquence de 2010,184 gigahertz (dans l'infrarouge lointain). Après une analyse méticuleuse des données récoltées, le résultat a été publié

en 2019 : c'est dans les restes d'une étoile en fin de vie dans la nébuleuse planétaire NGC 7027, dans la constellation du Cygne, que l'équipe de Rolf Güsten a déniché la signature chimique recherchée depuis si longtemps.

Certes, les ions HeH^+ détectés ne sont pas ceux de l'Univers primordial : les composés que Rolf Güsten et ses collègues ont mis en évidence ont sans doute été produits beaucoup plus récemment. Mais cette percée contribue à affiner notre connaissance de cette espèce chimique. Elle fournit des indices sur les conditions qui régnaient dans l'Univers primordial quand HeH^+ était le seul composé présent dans l'espace. Cette découverte est également susceptible de fournir des informations sur les endroits où trouver HeH^+ dans l'espace aujourd'hui : les scientifiques chercheront dans d'autres nébuleuses planétaires, ou dans des régions de l'Univers visible si lointaines que leur observation constituerait un immense bond dans le passé.

DES QUESTIONS TOUJOURS PLUS DIFFICILES

Nous vivons une ère passionnante pour l'astrochimie. Trois questions majeures viennent de trouver une réponse concluante en peu de temps. Les scientifiques ont observé la première molécule qui s'est formée dans l'Univers, ont identifié pour la première fois certaines signatures chimiques des mystérieuses bandes interstellaires diffuses et, enfin, ils détectent des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'espace.

En outre, de nouvelles reconstitutions en laboratoire des conditions physiques interstellaires montrent comment les bases azotées et les acides aminés, les briques de base respectivement de l'ADN – ou ARN – et des protéines, ont pu se former. Des télescopes aéroportés comme *Sofia* ou spatiaux tels *Hubble* ou encore le futur *James-Webb*, en s'affranchissant des pertes liées à l'atmosphère terrestre, offrent des perspectives prometteuses dans l'étude spectrale d'objets stellaires susceptibles de présenter de nouvelles signatures chimiques.

Maintenant que de nouvelles découvertes ont fourni une réponse à un certain nombre de questions, d'autres interrogations surgissent. Les astrochimistes espèrent en effet répondre à des questions plus difficiles, comme : « À quels composés correspondent les autres BID? », « Quelles sont les origines moléculaires de la vie? », ou encore « Quelles sont les conditions chimiques nécessaires à la formation de planètes telluriques plutôt que de géantes gazeuses? ». Le partage d'électrons entre l'hydrogène et l'hélium a engendré la matière telle que nous la connaissons. Lorsque nous comprendrons mieux ces processus chimiques, nous aurons une conception plus fine de l'astrophysique et de l'histoire globale de l'Univers. ■

BIBLIOGRAPHIE

R. Güsten et al., **Astrophysical detection of the helium hydride ion HeH^+** , *Nature*, vol. 568, pp. 357-359, 2019.

A. Loiseau, **Les fullerènes, nouvelle forme du carbone**, *Pour la Science*, n° 481, novembre 2017.

D. A. Williams et T. W. Hartquist, **The Cosmic-Chemical Bond : Chemistry from the Big Bang to Planet Formation**, Royal Society of Chemistry, 2013.

L. d'Hendecourt et T. Chiavassa, **Entre les étoiles la chimie des origines ?**, *Dossier Pour la Science*, n° 60, juillet-août 2008.

ABONNEZ-VOUS À POUR LA SCIENCE

3 FORMULES
AU CHOIX

	FORMULE PAPIER	FORMULE PAPIER + HORS-SÉRIE	FORMULE INTÉGRALE
Le magazine papier 12 numéros par an	✓	✓	✓
Le magazine en version numérique 12 numéros par an			✓
Le hors-série papier 4 numéros par an		✓	✓
Le hors-série en version numérique 4 numéros par an			✓
Accès à pouirlascience.fr actus, dossiers, archives depuis 1996			✓
VOTRE TARIF D'ABONNEMENT	59€ Au lieu de 82,80€	79€ Au lieu de 114,40€	99€ Au lieu de 174,40€
	29 % de réduction *	31 % de réduction *	43 % de réduction *

BULLETIN D'ABONNEMENT

A renvoyer accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service abonnements – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email: pouirlascience@abopress.fr

PAG20STD



**OUI, je m'abonne
pour 1 an à
POUR LA
SCIENCE**

2 / J'indique mes coordonnées

☐ M. ☐ Mme

Nom: Prénom:

Adresse:

Code postal: Ville:

Téléphone:

Email: (indispensable pour la formule intégrale)

@

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

3 / Je choisis mon mode de règlement

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N°: Clé (Les 3 chiffres au dos de votre CB):

Date d'expiration: Clé (Les 3 chiffres au dos de votre CB):

Signature obligatoire:

1 / Je choisis ma formule (merci de cocher)

☐ **FORMULE
PAPIER**

• 12 n° du magazine papier

59€
Au lieu de ~~82,80€~~

DIA59E

☐ **FORMULE PAPIER
+ HORS SÉRIE**

• 12 n° du magazine papier
• 4 Hors-série papier

79€
Au lieu de ~~114,40€~~

PIA79E

☐ **FORMULE
INTÉGRALE**

• 12 n° du magazine
(papier et numérique)
• 4 Hors-série
(papier et numérique)
• Accès illimité aux contenus en ligne

99€
Au lieu de ~~174,40€~~

IIA99E

* Réduction par rapport au prix de vente en kiosque et l'accès aux archives numériques. Durée d'abonnement: 1 an. Délai de livraison: dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/03/2021 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site <https://boutique.pouirlascience.fr>. Photos non contractuelles.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante: <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit «RGPD») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pouirlascience.fr.