

## ► Ils ont coupé le grain en... cinq !

### Sources

#### Helium and Neon Abundances and Compositions in Cometary Matter

Bernard Marty, Russell L. Palma, Robert O. Pepin, Laurent Zimmermann, Dennis J. Schlutter, Peter G. Burnard, Andrew J. Westphal, Christopher J. Snead, Sasa Bajt, Richard H. Becker, Jacob E. Simones.

*Science*, vol. 319, issue n° 5859, pp. 75-78, January 2008

### Notes

#### Comètes :

Petits corps du système solaire (un à quelques dizaines de km de diamètre) riches en glaces et poussières, et dont l'orbite circumsolaire possède généralement une forte excentricité. Les comètes sont considérées comme les vestiges les mieux conservés de la matière proto-solaire.

#### Comète Wild 2 :

81P/Wild 2 est le nom de la comète découverte par l'astronome suisse Paul Wild en 1978. Son diamètre est d'environ 5 km. Son passage en 1974 à proximité de la planète Jupiter a modifié son orbite et sa période orbitale est alors passée de 40 ans à environ 6,4 ans.

#### Coma :

Enveloppe, visible autour du noyau des comètes, développée à l'approche du Soleil. Constituée de poussières et de gaz neutres, cette sphère a un diamètre de plusieurs centaines de milliers de kilomètres.

A l'issue d'une mission de sept ans à travers notre système solaire, la sonde spatiale Stardust de la NASA, a rapporté sur Terre des échantillons de poussières de la [comète Wild 2](#) ainsi que des échantillons de poussières interstellaires. Lors du survol de Wild 2, le 2 janvier 2004, à une vitesse relative de 6,1 km/s, Stardust a capturé dans la [coma](#) et piégé dans un «aérogel» des poussières éjectées par le noyau.

La capsule qui rapportait ces échantillons a atterri le 15 janvier 2006 dans le désert de l'Utah (USA). Des scientifiques regroupés dans des équipes thématiques (Preliminary Examination Teams, PET) ont effectué les premières analyses des poussières rapportées. Un *consortium* de sept laboratoires français, piloté par François Robert et Hugues Leroux, participe à ces travaux. Les premiers résultats obtenus par les équipes thématiques ont été publiés dès décembre 2006.



Fig 1 : Trace #41 cellule Aérogel C2044. Les échantillons analysés dans cette étude ont été extraits de la paroi de la cavité. La trace triangulaire laissée par l'outil de prélèvement est visible dans le coin supérieur gauche.

Dans l'article publié le 4 janvier 2008 dans la revue *Science*, les équipes de Nancy en France et de Minneapolis aux USA analysent avec précision la teneur en [gaz rares](#) des échantillons recueillis dans l'aérogel. Le grain a laissé dans l'aérogel de l'échantillon analysé, une trace d'environ 1 cm de long. Lors de sa capture le grain a subi, par frottement, une élévation de température extrêmement rapide et intense. L'impact a créé au sein de l'aérogel une petite vésicule dont les parois sont tapissées d'aérogel fondu et de petits fragments provenant du grain cométaire. Deux particules d'un diamètre de 10 à 15 μm ont pénétré plus profondément, créant les canaux individuels effilés (voir fig. 1).

Cinq petits morceaux de la paroi de la cavité ont été prélevés. Deux ont été utilisés pour les analyses menées au Centre de Recherche Pétrographiques et Géologiques de Nancy (CRPG), trois autres ont été analysés indépendamment dans un laboratoire de l'Université du Minnesota (Minneapolis) aux USA (voir fig. 2). Au CRPG, les gaz rares ont été extraits par « chauffage » laser en une seule étape alors que l'Université du Minnesota a utilisé une technique de pyrolyse progressive. Avec cette dernière technique, l'hélium et le néon ont commencé à être libérés des échantillons à des températures supérieures à 1 250° C. Une telle température de

## ► Les gaz rares au rapport

### Notes

#### Gaz rare :

Les gaz rares sont des éléments ou atomes de la table périodique de Mendeleïev qui se situent dans la dernière colonne de droite. Ce sont des éléments, gazeux à température ambiante, qui n'existent qu'à l'état monoatomique. Ils ne réagissent avec aucun autre élément car leur couche électronique externe est saturée avec huit électrons (deux pour l'Hélium). Ces éléments sont par ordre croissant de masse atomique, l'hélium, le néon, l'argon, le krypton, le xénon et le radon.

#### Isotopes :

L'ensemble de la matière de l'univers, inerte ou vivante, est constituée de 113 éléments chimiques naturels (atomes) comprenant un noyau et des électrons en mouvement rapide autour de ce dernier. Le noyau est constitué de protons et de neutrons. Les atomes d'un même élément ont un nombre de protons identiques mais peuvent avoir un nombre différent de neutrons. De tels atomes sont des isotopes dotés de propriétés physico-chimiques quasiment identiques à celles de l'élément de référence. Certains isotopes sont naturels (carbone, oxygène, azote, chlore), alors que d'autres sont artificiels et sont produits dans des accélérateurs de particules (cobalt, iode, phosphore). Parmi ces isotopes naturels ou artificiels, certains sont stables. D'autres, instables, se désintègrent en émettant des rayonnements (isotopes radioactifs).

libération implique que les gaz ne peuvent pas provenir de l'aérogel lui-même. Plusieurs analyses ont montré que le matériel déposé sur les parois de cette cavité était d'abord composé de métal ainsi que de sulfures et de carbures métalliques. Un quart du matériel est composé de silicates mélangés à des composés qui n'ont pu être déterminés. Aucune fraction organique, contenant du carbone, de l'oxygène, de l'azote ou de l'hydrogène, n'a été identifiée.

L'abondance était suffisante pour pouvoir calculer le rapport de différents isotopes notamment les rapport  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ ,  $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  et  $^3\text{He}/^4\text{He}$ . Ces différents rapports sont comparés à des rapports connus de concentration dans l'atmosphère terrestre, les météorites, le vent solaire ou la nébuleuse à partir de laquelle le système solaire s'est formé (voir encadré). Les rapports des différents isotopes du néon sont très proches de ceux observés dans une fraction particulière de certaines météorites : la phase Q. Cette fraction très faible des météorites, composée de matière organique mal caractérisée, est très riche en gaz rares. Le rapport des isotopes de l'hélium est, lui, deux fois plus élevé que celui de la phase Q. Plusieurs mécanismes d'acquisition de ces gaz dans les grains cométaires ont été utilisés comme modèles. Aucun n'explique cependant les rapports élevés  $^3\text{He}/^4\text{He}$  et  $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ .

L'hypothèse qui correspond le mieux aux résultats mesurés implique que les gaz rares ont été implantés dès la formation des grains au voisinage du

Echantillon	$^4\text{He}$ ( $\times 10^{-11}$ cm <sup>3</sup> STP)	$^3\text{He}/^4\text{He}$ ( $\times 10^{-4}$ )	$^{20}\text{Ne}$ ( $\times 10^{-11}$ cm <sup>3</sup> STP)	$^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$	$^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ ( $\times 10^{-2}$ )	$^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$
St-1*	7,27 ± 0,36	2,92 ± 0,26	5,34 ± 0,42	10,68 ± 0,35	2,73 ± 0,24	1,36 ± 0,13
St-2*	5,26 ± 0,30	2,47 ± 0,34	0,94 ± 0,14	9,00 ± 1,6	3,9 ± 1,1	5,6 ± 0,89
St-3*	<66,9 ± 2,40	>0,318 ± 0,032	1,06 ± 0,15	9,3 ± 1,6	4,2 ± 1,8	< 63,1 ± 9,2
Thera-1**	53 ± 17	NM	2,47 ± 0,65	12,9 ± 3,2	2,45 ± 0,29	21,4 ± 4,9
Thera-2**	17,5 ± 3,8	NM	5,80 ± 0,43	10,49 ± 0,24	2,79 ± 0,17	3 ± 1,3
Phase Q		1,45 ± 0,15		10,1 - 10,7	2,78 - 2,94	110 ± 3
Solaire		4,44 ± 0,10		13,9 ± 0,08	3,35 ± 0,07	520 - 670

\* Analysé à l'Université du Minnesota  
\*\* Analysé au CRPG de Nancy

Fig 2 : Contenu en hélium et néon, abondances relatives et rapports isotopiques dans les échantillons analysés à partir de la trace 41. L'incertitude est donnée à ±1s (NM: non mesuré). Les évaluations pour  $^4\text{He}$  et  $^3\text{He}/^4\text{He}$  dans l'échantillon St-3 traduisent la présence d'une contribution anormale de  $^4\text{He}$  provenant du blanc analytique. La composition de la phase Q et du vent solaire sont présentées à titre de comparaison. Les données de la phase Q proviennent d'une référence citée dans l'article. Les données solaires sont les ordres de grandeur issus des mesures effectuées sur le matériel collecté par la mission Genesis.

## ► Le grand mix

### Contact chercheur

**Bernard Marty**

Centre de Recherches  
Pétrographiques et  
Géochimiques de Nancy

[bmarty@crpg.cnrs-nancy.fr](mailto:bmarty@crpg.cnrs-nancy.fr)

### + sur le web

[Mission Stardust de la Nasa](#)

[CRPG Nancy](#)

[Université du Minnesota](#)

[Space Sciences Laboratory  
Berkeley](#)

[Institute of Geophysics and  
Planetary Physics Livermore](#)

[Mission Genesis de la NASA](#)

### + sur le CNES

[CNES](#)

[Missions scientifiques du  
CNES](#)

Soleil dans une phase précoce de sa formation. La différence de concentration en hélium montre cependant que le mécanisme d'implantation de ces gaz est probablement différent de celui qui a conduit aux rapports observés dans la phase Q des météorites.

D'autres analyses sur les petits grains résiduels dans les traces effilées de l'aérogel montrent aussi la présence de minéraux qui se sont formés à très haute température et donc très près du Soleil. Les comètes orbitent essentiellement très loin du Soleil et ne font que de rares incursions vers le centre du système solaire. Ces observations impliquent donc que lors de la formation du système solaire il y a eu au moins une période de mélange telle que des matériaux formés très près du Soleil jeune ont été propulsés aux confins du système.

Quoiqu'il en soit, les analyses des gaz rares dans les comètes et les météorites sont autant d'éléments nécessaires pour comprendre la contribution des produits volatils contenus dans ces corps à la composition de l'atmosphère des planètes telluriques.

### La phase Q :

Les météorites ont été classées en de nombreux groupes. Le groupe des chondrites est subdivisé en diverses catégories selon les minéraux qui les forment et selon leur proportion en certains éléments comme le carbone, l'oxygène et le fer. Certaines contiennent une proportion importante de carbone (jusqu'à 5% en masse) souvent sous forme de matière organique. Lors de l'étude des météorites, la portion de matière organique est extraite après destruction des minéraux par des acides (acides chlorhydrique et acide fluorhydrique) puis par d'autres acides. A la fin il reste un résidu solide qui contient la plus grande partie des gaz rares identifiés dans ces corps. La quantité de gaz rares, leurs différentes proportions et les rapports isotopiques sont autant de traces de l'histoire des objets au sein du système solaire. Cette observation surprenante, confirmée sur de nombreuses météorites, n'a pas encore d'explication. S.R. Lewis a appelé ce résidu, dans une publication dans *Science*, la phase Q en référence à la notion médiévale du cinquième élément, la « quintessence », qui venait après l'eau, l'air, la terre et le feu. La similarité des observations dans la phase Q des météorites et dans les grains cométaires pourrait indiquer des similitudes dans le mode de formation et l'origine de ces différents corps.

E-Space&Science vous informe des résultats des expériences scientifiques soutenues par le CNES

Directeur de la publication : **Yannick d'Escatha** ■ Directeur de la rédaction : **Pierre Tréfouret** ■ Rédacteur en chef : **Michel Viso** ■ Secrétaire de rédaction : **Martine Degrave**  
■ Diffusion du magazine : **INIST diffusion** ■

### Abonnement

Envoyez un mail sans objet ni contenu à :  
Version française : [www.cnes.fr/ESSfr](http://www.cnes.fr/ESSfr)  
Version anglaise : [www.cnes.fr/ESSen](http://www.cnes.fr/ESSen)

### Désabonnement

Envoyez un mail sans objet ni contenu à :  
Version française : [www.cnes.fr/ESSfr](http://www.cnes.fr/ESSfr)  
Version anglaise : [www.cnes.fr/ESSen](http://www.cnes.fr/ESSen)

© CNES 2007

Reproduction possible à des fins non commerciales, sous réserve d'autorisation de notre part.

Conformément à la loi 78-17 "Informatique et Libertés" (art. 34 et art.36), vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données vous concernant, en ligne sur ce bulletin.