



CRPG
Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques
www.crbg.cnrs-nancy.fr

UPR 2300

INSU

Observer & comprendre

«Science» vendredi 24 mai 2011

Présentation de l'article publié dans le numéro du vendredi 24 mai 2011 de la revue Science :

A ¹⁵N-POOR ISOTOPIC COMPOSITION FOR THE SOLAR SYSTEM AS SHOWN BY THE GENESIS SOLAR WIND SAMPLES.

par

MARTY B., CHAUSSIDON M., WIENS R. C., JUREWICZ A. J. G., BURNETT D.S.

Contacts au CRPG :

Bernard Marty 03 83 59 42 22, bmarty@crpg.cnrs-nancy.fr

Marc Chaussidon 03 83 59 42 25, chocho@crpg.cnrs-nancy.fr

L'ARTICLE EN DIAGONALE

En 2004, la mission Genesis de la NASA est revenue sur Terre. Malgré un atterrissage mouvementé, la capsule s'étant crashée dans le désert de l'Utah, les particules de vent solaire implantées dans les cibles sont mises à disposition des laboratoires distingués par les experts de la NASA. Les deux grandes priorités de cette mission concernaient les compositions isotopiques de l'azote et de l'oxygène du Soleil. Les premières cibles analysées au CRPG par l'équipe de Bernard Marty (chercheur au CRPG et professeur à l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie) montrent que l'azote du Soleil est très différent de l'azote de la Terre et serait très appauvri en isotope lourd (¹⁵N) par rapport à l'azote terrestre. Dans le même temps, une équipe américaine se basant sur une expérimentation différente affirmait que l'azote solaire serait, au contraire, enrichi en ¹⁵N par rapport à l'azote terrestre.

La NASA a alors fourni des fragments d'une cible particulière car située sur le vaisseau spatial au coeur d'un dispositif concentrateur et donc plus riche en particules solaires que les cibles précédemment analysées. Bernard Marty et Marc Chaussidon ont pu obtenir un de ces fragments et déterminer la composition isotopique de l'azote grâce à la nouvelle sonde ionique IMS1280 HR2 installée fin 2009 au laboratoire. Les données obtenues confirment les résultats publiés auparavant par l'équipe de B. Marty et donc l'appauvrissement du vent solaire en ¹⁵N par rapport à l'azote terrestre. En parallèle, l'équipe de K. McKeegan à UCLA a déterminé la composition isotopique de l'oxygène solaire qui est également appauvri en isotopes lourds (¹⁷O et ¹⁸O) par rapport à la Terre (résultats publiés dans ce même numéro de la revue Science).

Les corps du système solaire (à l'exception de Jupiter) sont donc enrichis en isotopes lourds par rapport à l'azote et à l'oxygène solaires. Comprendre l'origine de ces enrichissements constituera un problème majeur pour les futures études en cosmochimie.

Michel Champenois : Chargé de communication CRPG/CNRS.

tél : 03 83 59 42 36/06 - 06 84 64 39 14

champ@crpg.cnrs-nancy.fr

dossier de presse



Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques
www.crbg.cnrs-nancy.fr

CRPG

UPR 2300

INSU

Observer & comprendre

«Science» vendredi 24 mai 2011

QUELQUES DÉTAILS SUPPLÉMENTAIRES

Quelle est la composition de notre étoile

L'origine de la matière dans le système solaire est une question fondamentale toujours débattue par les astrophysiciens et les cosmochimistes. L'analyse des roches terrestres ou extraterrestres (météorites) ne donne accès qu'à une partie de l'information, car les corps planétaires se sont formés à haute température et leur composition actuelle ne reflète pas la composition du nuage de gaz et de poussières dont est issu le système solaire. Notre étoile, qui abrite plus de 99 % de la matière actuellement présente dans le système solaire, a par contre préservé la composition initiale de la nébuleuse. Sa composition chimique est connue par l'analyse à distance de la lumière émise par le Soleil, mais sa composition isotopique, en quelque sorte «l'ADN» de la matière, est largement inconnue. La mission Genesis est une mission de la classe Discovery du programme d'exploration du système solaire de la NASA. Elle avait pour but de mesurer la composition isotopique des éléments légers dans le vent solaire. Pour cela, des cibles ont été irradiées par le vent solaire dans un satellite dédié durant 27 mois. Les deux objectifs scientifiques prioritaires étaient la détermination des compositions isotopiques de l'oxygène et de l'azote. Ces deux éléments présentent en effet des variations dans le rapport de leurs isotopes ($^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ et $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ pour l'oxygène, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ pour l'azote) incompréhensibles dans le schéma global des variations isotopiques des autres éléments. par exemple, le rapport $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ varie d'un facteur 6 entre la Terre, les météorites, Jupiter, et les comètes, alors que la composition isotopique d'un élément non volatil comme le fer ne varie que de quelques dixièmes de pourcent. Pour comprendre ces variations, et par là explorer l'origine des éléments et les phénomènes les ayant affecté dans le système solaire naissant, il fallait déterminer la composition de départ de la matière solaire, et donc analyser la composition isotopique du Soleil.

Un retour sur Terre mouvementé

Le Soleil ne peut évidemment être prélevé directement, mais par contre il émet dans l'espace sa propre matière sous forme d'un flux d'atomes ayant perdu leurs électrons - les ions - et voyageant à plusieurs centaines de km/s. Prélever du Soleil consiste ainsi simplement à exposer dans l'espace au flux solaire une cible de matériau ultra-pur (or, diamant, saphir etc.) qui va ainsi accumuler la matière solaire. La mission Genesis a consisté en l'envoi d'une sonde portant des panneaux recouverts de telles cibles, qui ont été exposés durant 27 mois dans l'espace loin de la Terre. Lancée en Août 2001, la capsule de retour des échantillons s'est malheureusement écrasée dans le désert de l'Utah, le parachute ne s'étant pas ouvert à la suite du mauvais montage d'un accéléromètre. Cependant, les cibles irradiées, bien que fortement



Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques
www.crbg.cnrs-nancy.fr

CRPG

UPR 2300

INSU

Observer & comprendre

«Science» vendredi 24 mai 2011

dossier de presse

endommagées (bris multiples, pollution particulaire) étaient néanmoins récupérables, mais la pollution due au crash a nécessité de la part de la vingtaine d'équipes internationales de développer des méthodes de nettoyages performantes, visant à peler la surface des cibles sur des épaisseurs de quelques millièmes de millimètres. Le CRPG a été associé à l'équipe scientifique de Genesis par le responsable scientifique (Prof. D. Burnett,; California Institute of Technology) en Mars 2002, du fait de la capacité unique au monde de ses équipes à analyser de très faibles quantités d'azote dans des échantillons terrestres et extraterrestres, notamment dans des grains de sols de la Lune.

Des résultats contradictoires

Nous avons tenté deux voies. Tout d'abord nous avons mis au point le nettoyage des cibles par un rayonnement laser, puis l'extraction des atomes du Soleil par cette même technique, grâce au soutien du CNES, du CNRS et de la Région Lorraine. Il a fallu 6 ans pour monter l'expérimentation et atteindre le niveau de pureté imposé par les très faibles quantités d'azote solaire dans les cibles. Ces expériences ont montré que l'azote du Soleil était très différent de la Terre, car appauvri de ~40 % en ^{15}N . La précision de cette mesure n'était pas très bonne car le type de cible analysable par cette technique s'est révélé avoir été pollué lors de la fabrication avant l'envoi dans l'espace. Cependant, une équipe américaine travaillant avec une expérimentation différente a proposé des résultats contradictoires aux nôtres, affirmant que l'azote solaire était au contraire enrichi, et non appauvri, en ^{15}N . Il y avait donc débat.

Des cibles hyper concentrées analysées sur la nouvelle sonde ionique IMS 1280 HR2

Jusqu'alors, les cibles contenant le vent solaire analysées par les différents laboratoires étaient relativement peu concentrées en matériel solaire., ce qui peut également expliquer l'imprécision des mesures. Grâce aux résultats acquis sur les premières cibles, Bernard Marty a pu avoir accès à une cible particulière de la mission Genesis qui était au centre d'un concentrateur et donc qui contient un taux de particules solaires beaucoup plus élevé que les cibles précédemment analysées. Un aller-retour express dans les locaux de la NASA à Houston en juillet 2010 pour se faire remettre en mains propres le précieux fragment conditionné spécialement pour être à l'abri des chocs et d'une éventuelle pollution et le voile sur l'appauvrissement ou l'enrichissement en N du vent solaire par rapport à la composition terrestre pourrait être levé.

Le CRPG a acquis en 2009 un nouvel analyseur d'ions, la sonde ionique ims1280HR2 grâce au support du CNRS, de la Région Lorraine, du Fond Européen de Développement Régional, et du Ministère de la recherche et de l'Enseignement Supérieur. Ce type d'instrument, fabriqué par une entreprise



Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques
www.crbg.cnrs-nancy.fr

CRPG

UPR 2300

INSU

Observer & comprendre

«Science» vendredi 24 mai 2011

dossier de presse

française, est unique en son genre : un faisceau d'ions lourds (césium) bombarde la surface à analyser et permet ainsi dans un premier temps le nettoyage en surface, puis l'extraction d'atomes en creusant plus profondément la cible, tel un marteau piqueur microscopique. Les ions du Soleil ainsi extraits de leur profondeur d'implantation de l'ordre du 10 millième de millimètre sont analysés en fonction de leur masse. L'avantage de cet instrument est que tout type de cible peut être analysé, et notamment une cible en carbure de silicium qui s'est avérée être très pure. De plus, les performances de cet analyseur ont permis l'analyse isotopique fine de l'azote, qui n'aurait pas été possible avec la technologie existante lorsque la mission Genesis a été conçue. Les résultats ont montré que l'azote du Soleil était effectivement appauvri de 40% en azote-15, cette fois avec une précision de l'ordre de quelques fractions de %, par rapport à l'azote de la Terre et des météorites. En parallèle, une équipe de l'Université de Californie à Los Angeles sous la direction de Kevin McKeegan a analysé la composition isotopique de l'oxygène solaire, qui est également appauvri en isotopes rares et lourds (^{17}O et ^{18}O) par rapport à la Terre (ces deux études sont publiées dans le même numéro de la revue Science).

La Terre enrichie en isotopes lourds de O et de N

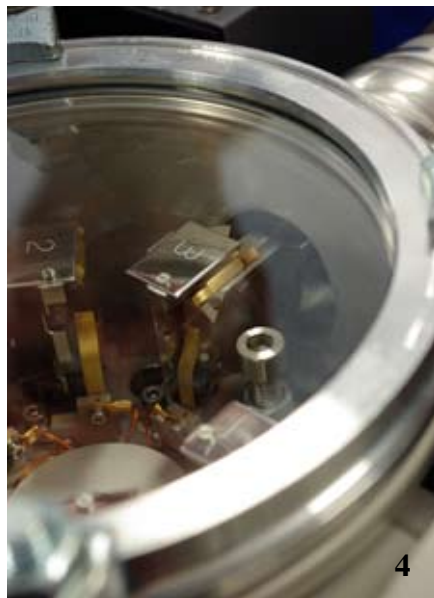
Ainsi la composition isotopique initiale du système solaire pour deux des éléments les plus abondants a été enfin mesurée. Ces mesures changent radicalement notre vision cosmochimique du système solaire. La normalité est dans le Soleil, et tous les autres corps du système solaire (à l'exception toutefois de Jupiter) sont anormaux : la Terre n'est plus le centre du système solaire ! Si l'on se réfère à la composition solaire comme ligne de base, l'oxygène et l'azote des planètes terrestres dont la nôtre, des météorites et des comètes sont très enrichis en isotopes rares, à des degrés inégaux par les autres systèmes isotopiques. Ces enrichissements isotopiques, qui ont eu lieu dans tout le système solaire jusque dans ses régions les plus éloignées, sont vraisemblablement le résultat d'interactions entre le rayonnement du Soleil jeune, qui était beaucoup plus énergétique, et le gaz de la nébuleuse, lors de la formation des premiers solides. Comprendre l'origine de ces enrichissements constituera sans nul doute un problème de choix pour les études futures de cosmochimie.



1



2



4



3

- 1 - Le fragment de la cible concentrée, un quart de disque, dans son conditionnement pour le transport.
- 2 - Bernard Marty ouvre le paquet dans une salle blanche et sous une hotte à flux laminaire
- 3 - Montage de la cible dans un porte-échantillon adapté pour l'occasion
- 4 - La cible est introduite dans le sas de la sonde ionique IMS 1280 HR2
- 5 - Vue de la surface de la cible avec les traces des analyses réalisées précédemment par les équipes américaines



5