

Rencontres SFE 2010
27 au 30 septembre 2010 – Biarritz

Programme et résumé des présentations

Un an après sa création, la SFE organise son premier colloque national. Merci à toutes et tous d'avoir décidé d'y participer.

Le programme a été construit autour de 5 thèmes principaux

- Terre primitive et premières molécules organiques
- Briques du vivant et chimie prébiotique
- Transition vers le vivant et évolution précoce de la vie
- Exobiologie du système solaire
- Exoplanètes et habitabilité

avec des présentations orales (présentations de revue et présentations plus ciblées), des posters et une table ronde, et en laissant du temps pour les discussions. Des aspects de politique scientifique et lien avec d'autres structures de recherche seront aussi présentés (CNES, EPOV, SF2A).

Les rencontres se termineront par l'Assemblée Générale de la SFE.

Que ces journées soient l'occasion de nombreux échanges fructueux, permettent de renforcer les coopérations existantes et induisent de nouveaux projets collaboratifs, tout en favorisant l'interdisciplinarité. Celle-ci qui malgré les difficultés qu'elle engendre est une source inestimable de richesse scientifique et est une des caractéristiques importantes de ce grand domaine qu'est l'exobiologie.

François Raulin, Président de la SFE

Colloque SFE 28-30/9 - Programme 28/9

Mardi 28 matin

8h30-9h00 Introduction

1 - Terre primitive et premières molécules organiques – Chairs :

9h-9h40 **La faible masse de Mars : la clé de notre compréhension de l'origine du Système Solaire interne** - Sean Raymond

9h40-10h20 **L'environnement terrestre primitif** – Emilie Thomassot

10h20-10h40 Pause

10h40-11h25 3 présentations courtes 3x(10'+5')

Principe d'énergie minimum (PEM) et acides aminés dans les météorites - Yves Ellinger, M.Lattelais, B. Zanda, F. Pauzat

L'apport de molécules carbonées aux planètes telluriques par des particules cométaires poreuses présentes dans le nuage zodiacal - Anny-Chantal Levasseur-Regourd, J.Lasue

Molécules complexes dans la nébuleuse d'Orion : ad glycinam per aspera Didier Despois, C. Favre, N. Brouillet, A. Baudry, F. Combes, M. Guélin, H.A.. Wootten, G. Włodarczak.

11h25-12h30 Discussion/débat

Mardi 28 après-midi

2 - Briques du vivant et chimie prébiotique – Chairs : Jean-Claude Guillemin & Yves Ellinger

14h30-15h10 **Photochimie des glaces interstellaires, complexité moléculaire et chiralité**- Louis D'Hendecourt

15h10-15h50 **Origine des macromolécules du vivant** - Robert Pascal

15h50-16h30 Pause poster

16h30-17h15 3 présentations courtes 3x(10'+5')

Pourquoi s'intéresser aux isonitriles ? - Didier Begué, C. Pouchan, J.-C. Guillemin, A. Benidar

Evolution de la matière organique du milieu interstellaire à la surface des planètes telluriques - Grégoire Danger, T. Chiavassa, I. Couturier, F. Borget, F. Duvernay, N. Piétri, P. Theulé

Enrichissement Enantiomérique par Solubilisation ou Sublimation Partielle -Jean-Claude Guillemin 17h15-18h30 Discussion/débat

Mardi 28 en soirée

Table ronde : " Les jalons chronologiques dans le domaine des origines de la vie ". -

Coordinateur : Stéphane Tirard Intervenants : A. El Albani, F. Westall, C. Brochier et R. Pascal

Colloque SFE 28-30/9 - Programme 29/9

Mercredi 29 matin

3 - Transition vers le vivant et évolution précoce de la vie – Chairs : Marie-Christine Maurel & Frances Westall

9h-9h40 - **Microbiologie, origine et évolution de la vie** (titre à confirmer) - Céline Brochier

9h40-10h20 **Microfossiles et biosignatures** - Frances Westall

10h20-10h40 Pause

10h40-11h25 3 présentations courtes 3x(10'+5')

Confinement membranaire d'un ARN auto-catalytique - Clémentine Delan-Forino, A.-S. Herrier, C. Vever-Bizet, M.-C. Maurel, C. Torchet et S. Bonneau

Tester la survie de microfossiles lors de l'entrée atmosphérique : l'expérience STONE 6 - Frédéric Foucher, F. Westall, F. Brandstatter, R. Demets, J. Parnell, C. S. Cockell, H. G. M. Edwards, J.-M. Beny, A. Brack et G. Kurat

Origins of Life under Extreme Conditions: Compensatory Effect between Pressure and Temperature on RNA self-cleavage Activity - Hussein Kaddour, J. Vergne and M.-C. Maurel

11h25-12h30 Discussion/débat

Mercredi 29 après-midi

4 - Exobiologie du système solaire – Chairs : François Raulin & Athena Coustenis

14h30-15h10 **Mars** (titre à confirmer): François Forget

15h10-15h50 **Les satellites du système solaire extérieur** - Athena Coustenis

15h50-16h30 Pause poster

16h30-17h00 **Les Petits Corps prennent plus de place dans le système solaire...**- Hervé Cottin

17h00-17h30 2 présentations courtes 2x(10'+5')

La Lithothèque Orléanaise : une banque de roches analogues pour des missions in-situ - Nicolas Bost , F. Westall , C. Ramboz , F. Foucher et l'équipe de la lithothèque d'Orléans (N. Bost, F. Westall, C. Ramboz, F. Foucher, A. Hubert, D. Pullan, B. Hofmann, E. Vergès, M. Viso, J. Vago, B. Scaillet, M. Tagger, A. Allwood.)

Analyse par spectrométrie de masse à très haute résolution de composés organiques complexes d'intérêt prébiotique - Odile Dutuit , J.-Y. Bonnet , M. Frisari , E. Quirico , B. Schmitt , R. Thissen , V. Vuitton , N. Carrasco , G. Cernogora , E. Sciamma O'Brien , C. Szopa , H. Cottin , N. Fray ,L. Leroy , M.A. Smith, A. Somogyi, S. Hörst and R. Yelle

17h30-18h45 Discussion/débat Soirée : Réunion du LOC « Origins 2011 »

Colloque SFE 28-30/9 - Programme 30/9

Jeudi 30 matin

5 - Exoplanètes et habitabilité – Chairs : Alain Léger & (TBD)

8h30-9h10 **Dernières nouvelles des exoplanètes** - Luc Arnold

9h10-9h50 **Habitabilité des exoplanètes** - Franck Selsis

9h50-10h30 Pause poster

10h30-11h00 2 présentations courtes 2x(10'+5')

Photophysique VUV de Molécules Prébiotiques dans le contexte des exoplanètes - Sydney Leach

Manifestations linguistiques de la constitution d'un champ interdisciplinaire : le cas de l'exobiologie - Anne Condamines , N. Dehaut , D. Galarreta

11h00-11h30 Discussion/débat

6 – Messages des organismes

11h30-11h45 **Le programme Interdisciplinaire de recherche du CNRS "Environnements Planétaires et Origines de la Vie" (EPOV)** - Marc Ollivier

11h45-12h00 **La composante spatiale de l'exobiologie aujourd'hui** - Michel Viso

12h00-12h30 Discussion générale/débat

Jeudi 30 après-midi

14h00 – 14h30 Présentation de la SF2A – Denis Burgarella

14h30 -16h30 Assemblée Générale de la SFE

Posters

Martine Adrian-Scotto, S. Antonczak et U. Meierhenrich

Spectres de dichroïsme circulaire d'acides aminés obtenus à partir d'une approche en modélisation moléculaire quantique

Marylène Bertrand, A. Chabin, A. Brack et F. Westall

Effet d'irradiations UV et VUV sur les acides aminés

Pascale Chazalnoel et M. Viso

Exobiologie en France : les programmes scientifique, de recherche et développement financé par le Centre National d'Etudes Spatiales

Clémentine Delan-Forino, M-C. Maurel et C. Torchet

Réplication du viroïde Avocado sunblotch dans la levure *Saccharomyces cerevisiae*

Caroline Freissinet, A. Buch et R. Sternberg

Élaboration d'une unité d'analyse chirale pour la séparation énantiomérique in situ de molécules organiques d'intérêt exobiologique

Léna Le Roy, H. Cottin, N. Fray, C. Briois, L. Thirkell, G. Poulet et M. Hilchenbach

Détection de molécules organiques avec COSIMA : le cas du polyoxyméthylène

Pierre de Marcellus, J. Bénil, D. Baklouti, J. Depauw, S. Della-Negra et L. d'Hendecourt

V.U.V. irradiation of interstellar ice analogs: analysis of organic residues via laser desorption Time Of Flight Mass Spectrometry

Audrey Noblet, P. Coll, C. Szopa, H. Cottin et F. Stalport

Stabilité de la matière organique à la surface/sous surface de Mars: Caractérisation de l'impact des processus d'oxydation sur la matière organique dans des conditions environnementales martiennes

Julien Pilmé, G. Marloie, F. Pauzat et Y. Ellinger

Molécules interstellaires et chiralité : A la recherche d'un mécanisme d'enrichissement

La faible masse de Mars : la clé de notre compréhension de l'origine du Système Solaire interne

Sean RAYMOND

*Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux (CNRS)
2 rue de l'Observatoire, 33270 Floirac*

raymond@obs.u-bordeaux1.fr

Reproducing the small mass of Mars is the major problem for modern simulations of terrestrial planet accretion. To date, the only reasonable solution invokes a planetesimal disk with an outer edge at 1 Astronomical Unit – such initial conditions can form good Mars analogs, but this appears inconsistent with solar system evolution and the very existence of the asteroid belt. Hydrodynamical simulations show that the evolution of Jupiter and Saturn in a gas disk generically leads to a two-stage, inward-then-outward migration. If Jupiter's minimal orbital radius was 1.5 AU, this evolution truncates the planetesimal disk at 1 AU and the resulting disk quantitatively reproduces the terrestrial planets including Mars. The asteroid belt, which was swept clean during the giant planets' migration, is repopulated from two distinct sources. The inner asteroid belt gets its asteroids from bodies originating between 1–3 AU, which explains their observed anhydrous type, and the outer belt gets its content from a primordial disk originating beyond 6 AU. The key element missing from previous simulations was the reversal, or “tack”, in the migration of Jupiter at 1.5 AU allowing it to truncate the planetesimal disk at 1 AU and still migrate outwards towards its current position. We conclude from the migration down to 1.5 AU that the behavior of our giant planets was more similar to extra solar planetary systems than previously thought. This scenario has important implications for asteroid and comet impacts on Earth.

L'environnement terrestre primitif

THOMASSOT Emilie

CRPG-CNRS, 15 Rue Notre Dame des Pauvres, BP20, 54501 Vandoeuvre-les-Nancy
emilie@crpg.cnrs-nancy.fr

Etudier et comprendre l'environnement de surface terrestre aux époques les plus anciennes auxquelles l'enregistrement géologique nous permet d'accéder, soit possiblement aussi loin que 4,28 milliards d'années (Ga)...

L'objet de cet exposé est de dresser l'état des connaissances sur l'environnement de surface de la jeune Terre, c'est-à-dire sur la physico-chimie de ses enveloppes externes et sur les interactions entre ces différentes enveloppes. Dans la perspective de notre discipline scientifique qu'est l'exobiologie, cette connaissance est une étape nécessaire pour analyser et comprendre les conditions environnementale qui ont permis l'émergence de la vie et assuré son développement.

L'étude directe des archives géologiques terrestres permet potentiellement d'apporter un grand nombre d'informations. Elle est cependant fortement conditionnée par la préservation des terrains les plus anciens et notamment par celle des ensembles volcano-sédimentaires supracrustaux (i.e. reliquats de la partie externe de la surface terrestre), formés en interaction directe avec l'hydrosphère, l'atmosphère et éventuellement la biosphère.

A l'Archéen, quelques portions supracrustales sont connues notamment à Barberton, Afrique du Sud, Pilbara, Australie (3,5 Ga) ou au Groënland (Isua à 3,8 Ga). Leur étude a permis de préciser à la fois l'existence d'un océan, d'étudier sa physico-chimie et sa température (enregistré nous le verrons dans les sédiments chimiques), mais aussi d'utiliser la composition isotopique des sédiments pour tracer des portions de la chimie atmosphérique ou l'interaction avec la biosphère.

Pour l'Hadéen en revanche, la vaste majorité des connaissances est issue de l'étude de minéraux détritiques (les zircons) ayant cristallisés dans une roche ancienne aujourd'hui disparue. La découverte récente d'une ceinture supracrustale vieille de 4,3 Ga, à Nuvvuagittuq, dans le nord du Québec, a permis d'étendre l'enregistrement géologique de plus de 0,5 Ga. L'étude géochimique des sédiments de Nuvvuagittuq sera présentée et je discuterai en particulier de la gamme de chimie atmosphérique restreinte qu'ils indiquent. Cette gamme, similaire à celle connue tout au long de l'Archéen semble indiquer une stabilité très précoce des enveloppes externes de la jeune planète.



Photo : Lave en coussins a Nuvvuagittuq (Québec)...
Un plancher océanique vieux de 4,3 Ga ?

PEM et acides aminés dans les météorites

Y.Ellinger⁽¹⁾, M.Lattelais⁽¹⁾, B. Zanda⁽²⁾, F. Pauzat⁽¹⁾,

(1) Laboratoire de Chimie Théorique (LCT), UPMC, UMR-CNRS 7616

(2) Laboratoire de Minéralogie et Cosmochimie du Muséum (LMCM), MNHN, UMR-CNRS 7202

ellinger@lct.jussieu.fr

Les chondrites carbonées sont les objets les plus primitifs du système solaire ; en fonction de leur composition minéralogique et de leur niveau d'hydratation, elles se répartissent, en plusieurs groupes, notamment les CI (type Ivuna) et les CM (type Mighei). Des précurseurs prébiotiques chiraux (acides aminés) y ont été identifiés en proportions très différentes.

En nous appuyant sur le Principe d'Energie Minimale, résultat d'une étude théorique basée sur des critères structuraux et énergétiques des molécules observées dans le milieu interstellaire, nous avons déterminé les formes les plus probables des principaux acides aminés. En corrélant ces formes (protonée, zwitterionique, aminonitrile) et les conditions de formation de ces molécules, nous avons pu proposer des environnements de formation différents pour les acides aminés trouvés dans ces deux groupes de chondrites, dont on peut penser qu'ils correspondent à des corps parents distincts.

L'apport de molécules carbonées aux planètes telluriques par des particules cométaires poreuses présentes dans le nuage zodiacal

LEVASSEUR-REGOURD, Anny-Chantal¹, Lasue, Jérémie²

1)UPMC / LATMOS-IPSL, BC 102, 4§-46 4^{ème}, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05

2) Lunar and Planetary Institute, 3600 Bay Area Blvd, Houston, TX 77058, USA

aclr@aerov.jussieu.fr

Il a été suggéré, en appliquant la théorie de l'ablation météoritique [1] à des agrégats fractals, que la structure poreuse des poussières cométaires favorisait la survie de molécules organiques complexes lors de la traversée de l'atmosphère par ces particules solides [2]. Lors du grand bombardement tardif, une quantité très significative de matériau organique aurait ainsi pu atteindre les planètes telluriques. Cette hypothèse est renforcée par des résultats récents obtenus au niveau des comètes et du nuage zodiacal.

Les particules solides cométaires sont, pour une grande partie d'entre elles, des agrégats floconneux, certainement formés par agglomération balistique entre amas, comme le suggèrent les images des poussières collectées par Stardust dans la coma de 81P/Wild 2 [3], en excellent accord avec les simulations numériques des observations polarimétriques des comètes 1P/Halley et C/1995 O1 Hale-Bopp [4]. Cette structure, qui accroît le rapport surface/volume des particules, contribue à leur rapide décélération dans l'atmosphère, tout en diminuant la température maximale atteinte par le matériau constitutif et en favorisant la survie de matière organique complexe.

Les particules cométaires contribuent encore aujourd'hui majoritairement au repeuplement du nuage zodiacal, comment l'indiquent les simulations numériques des propriétés de diffusion lumineuse et des propriétés thermiques du nuage interplanétaire [5, 6] et aussi les modèles dynamiques [7]. Les composés organiques absorbants sont par ailleurs susceptibles de survivre dans le nuage interplanétaire au moins jusqu'à 0,7 UA du Soleil [6].

Les prochaines avancées dans l'exploration du milieu interplanétaire et des comètes, en particulier avec les missions Akatsuki, EPOXI, NEXT et Rosetta, permettront de mieux connaître les propriétés des molécules carbonées d'origine cométaire et de mieux quantifier leur apport aux planètes telluriques.

Références

- [1] Jones, J, Kaiser, T.R. (1966) Mon. Not. R. Astron. Soc., 133, 411
- [2] Levasseur-Regourd, A.C., Lasue, J., Desvoivres, E. (2006) Orig. Life Biosph., 36, 507
- [3] Hörz, F., Bastien, R., Borg, J. et al. (2006) Science, 314, 1716
- [4] Lasue, J., Levasseur-Regourd, A.C., Hadamcik, E. et al. (2009) Icarus, 199, 129
- [5] Levasseur-Regourd, A.C., Mukai, T., Lasue, J. et al. (2007) Planet. Space Sci. 55, 1010
- [6] Lasue, J., Levasseur-Regourd, A.C., Fray, N., Cottin, H. (2007) Astron. Astrophys., 473, 641
- [7] Nesvorny, D., Jenniskens, P., Levison, H.F. et al. (2010) Astrophys. J., 713, 816

Molécules complexes dans la nébuleuse d'Orion : ad glycinam per aspera (*)

Despois, Didier, Favre, C. , Brouillet, N., Baudry, A.(1) ,Combes, F.(2),
Guélin, M. (3), Wootten, H.A.,(4), Wlodarczak, G. (5)

1) LAB, U. de Bordeaux, OASU,CNRS/INSU,Floirac, France 2) LERMA, Observatoire
de Paris, France 3) IRAM, St Martin d'Hères, France 4) NRAO, Charlottesville, USA
5) PhLAM, U. de Lille 1, Villeneuve d'Ascq, France

despois@obs.u-bordeaux1.fr

Quelles molécules ayant un intérêt pour la chimie prébiotique sont déjà présentes dans les régions de formation d'étoiles ? Ces molécules nous intéressent car via la formation des disques protoplanétaires, celle des astéroïdes et comètes dans ces disques et leurs rencontres - ou celle de leurs fragments (météorites et micrométéorites) - avec des planètes de type terrestre, elles sont susceptibles d'enrichir la chimie de ces planètes et de contribuer à des conditions favorables à une évolution vers le vivant.

Depuis 1977 une molécule emblématique du vivant terrestre, la glycine, $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$, est recherchée dans le milieu interstellaire - elle n'a toujours pas en 2010 été observée de façon convainquante. En préparation à sa recherche au coeur d'une des plus importantes et proches régions de formation d'étoiles, la nébuleuse d'Orion, nous nous sommes intéressés à une molécule déjà complexe (pour un astronome...) le formiate de méthyle, HCOOCH_3 , pour comprendre sa répartition, ses mécanismes de formation, et affiner les méthodes de détection de molécules complexes en tirant partie des informations à la fois spectrales et spatiales contenues dans les cartes (à plus de 1000 fréquences) que nous avons obtenues avec l'interféromètre de l'IRAM au plateau de Bure, avec des résolutions allant jusqu'à 1000 AU - la taille d'un système planétaire en formation (cf les fameux "proplyds").

Nous illustrons ici quelques aspects de cette recherche :

- les problèmes de "confusion spectrale" (analogues aux problèmes de coélution en chromatographie),
- l'utilité cruciale de l'information spatiale,
- la formation probable de HCOOCH_3 dans les manteaux de glaces des grains interstellaires,
- la dichotomie prononcée entre la distribution spatiale de molécules azotées comme la formamide NH_2CHO et des molécules oxygénées comme HCOOCH_3 ou l'éther CH_3OCH_3 ,
- des limites supérieures sur l'abondance de molécules dont des "voisines" de la glycine, l'acide acétique CH_3COOH et l'aminoacetonitrile $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CN}$, ainsi que le "présucre" CH_2OHCHO (glycolaldehyde).

(*) "vers la glycine par des chemins escarpés."

Photochimie des glaces interstellaires, complexité moléculaire et chiralité

Le Sergeant d'Hendecourt, Louis et de Marcellus, Pierre

1) Institut d'Astrophysique Spatiale, « Astrochimie et Origines », Campus d'Orsay, Bât 121, 91405 Orsay, cedex

ldh@ias.u-pasud.fr.

La présence de très importantes quantités de glaces « sales » dans le milieu interstellaire, comme dans les comètes est un fait largement reconnu depuis l'avènement de la spectroscopie infrarouge en astronomie. Ces glaces peuvent être étudiées en laboratoire, en particulier pour identifier des mélanges et interpréter qualitativement et quantitativement les spectres astrophysiques, une approche utilisée dès le début des années 1980.

Cependant, ces glaces sont constamment irradiées par des processus énergétiques toujours présents dans le milieu interstellaire (rayonnement cosmique, ultraviolets). Il s'ensuit une chimie très complexe qui même en laboratoire, sous des conditions contrôlées reste assez empirique. La difficulté d'observer des molécules nouvelles, peu abondantes mais importantes pour l'évolution chimique, a conduit à étudier ces glaces et leur évolution, indépendamment des observations astrophysiques directes. En quelque sorte, on peut considérer ce type d'expériences comme une expérience de Miller généralisée à la Galaxie entière, d'où sa potentielle importance en terme de « prébioticité ».

De récentes analyses des résidus organiques ont montré l'originalité et la cohérence de cette approche dans le domaine prébiotique mais ce potentiel reste mal exploité, en particulier car il est difficile, par exemple, d'établir un lien certain entre cette chimie interstellaire, météoritique et prébiotique sur une surface de planète tellurique.

Cette présentation permettra de faire le point sur les derniers résultats, sur la présence de molécules chirales au sein de ces résidus organiques et de souligner l'importance de la possibilité de faire apparaître par ces processus des excès énantiomériques tels que ceux mesurés dans les météorites.

Référence

« Intérêt prébiotique de la photochimie des glaces interstellaires/précométaires en laboratoire », Thèse Université Paris-Sud, 1^{er} Octobre 2010

Origine des macromolécules du vivant

PASCAL, Robert

*1) Institut des Biomolécules Max Mousseron
UMR5247, CNRS - Universités Montpellier 1 & 2
Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5*

robert.pascal@univ-montp2.fr

L'évolution des êtres vivants utilise la variabilité liée au choix de monomères particuliers pris dans un ensemble fini (acides aminés, nucléotides) pour constituer la séquence bien définie de macromolécules (acides nucléiques ou protéines). Ces macromolécules sont l'objet de la sélection naturelle qui s'exerce sur les organismes qui les portent, soit directement, par leurs propriétés, soit indirectement, par le résultat de leurs fonctions. La reproduction d'informations épigénétiques (non-codées) ne joue en apparence, tout au moins aujourd'hui, qu'un rôle relativement limité.

La question de la formation de ces polymères se pose donc dès l'origine de la vie si l'on considère que leur activité est nécessaire pour assurer l'émergence d'un être vivant, mais aussi pour assurer l'auto-entretien des générations suivantes. Il est donc difficile de séparer d'une part les voies abiotiques initiales de formation de ces macromolécules et d'autre part le métabolisme ultérieur assurant leur reproduction au sein des premiers organismes vivants, qui ont très probablement continué d'exploiter des voies abiotiques disponibles dans l'environnement durant les premiers stades de l'évolution.

L'action de la sélection naturelle sur les fonctions codées présentes chez ces organismes n'exclut en aucune manière la participation additionnelle d'autres espèces de petites tailles fournies par l'environnement, qui s'intégreraient comme métabolites ou catalyseurs pouvant constituer des cycles métaboliques (éventuellement autocatalytiques). Des polymères aléatoires (petits peptides par exemple) peuvent également jouer un rôle. Toutes ces molécules peuvent être l'objet d'une sélection, mais à la différence des macromolécules de séquence définies, leur rôle ne peut être transmis de manière codée.

Nous aborderons les progrès faits ces dernières années dans la compréhension des voies abiotiques de synthèse des monomères, des voies proto-métaboliques disponibles et de l'apport énergétique nécessaire à la polymérisation.

Pourquoi s'intéresser aux isonitriles ?

Didier Begue, Claude Pouchan

Université de Pau et des Pays de l'Adour, UMR 5254, Institut Pluridisciplinaire sur l'Environnement et les Matériaux (IPREM), Equipe de Chimie Physique (ECP), Technopole Hélioparc, 2, avenue du Président Angot, 64053 Pau cedex 9, France

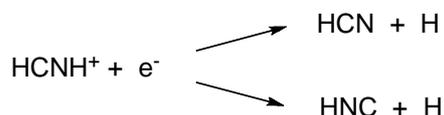
Jean-Claude Guillemin

École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, CNRS, UMR 6226, Avenue du Général Leclerc, CS 50837, 35708 Rennes Cedex 7.

Abdessamad Benidar

Institut de Physique de Rennes, Equipe Astrochimie Expérimentale UMR 6251 CNRS Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu 35042 Rennes Cedex, France

Plusieurs isonitriles ont été détectés dans le milieu interstellaire: H-NC, CH₃-NC, HC≡C-NC parmi les organiques et AlNC, HNC, MgNC, SiNC pour les inorganiques. Plusieurs hypothèses ont été proposées quant à leur formation. La plus classique pour HNC est la décomposition de HCNH⁺ conduisant à HCN et HNC.¹

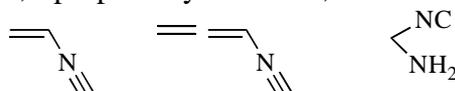


La photolyse du cyanoacétylène sur matrice d'Argon à 147 nm (raie Lyman α) a permis la mise en évidence de la formation de l'isonitrile correspondant. Un résultat similaire a été obtenu à partir du cyanobutadiyne.² Il est encore difficile de savoir si de nombreux isonitriles peuvent être formés par photolyse du nitrile correspondant. En revanche, à des températures relativement basses de thermolyse-éclair (600 °C), l'allyl- et le cyclopropylisonitrile donnent les nitriles correspondants.³

- Peut-on trouver d'autres isonitriles dans le milieu interstellaire ou dans d'autres milieux tels que la queue des comètes lors de l'irradiation solaire ou l'atmosphère de Titan ?

- Quel rôle ont pu jouer les isonitriles en chimie prébiotique ?

Les études portent sur la synthèse, l'enregistrement des spectres infrarouges en phase gazeuse, la chimie et la photochimie d'isonitriles simples dont les nitriles ont été observés dans le MIS : vinylisonitrile, 1,2-propadienylisonitrile, aminoacetoisonitrile.



Le spectre infrarouge du propadienylisonitrile et les calculs **théoriques développés dans les hypothèses anharmoniques**⁴ relatifs à l'interprétation du spectre seront présentés ainsi que les résultats plus récents obtenus dans ce domaine. Le rôle prébiotique possible des isonitriles sera discuté.

Références.

1. M. P. Conrad, and H. F. Schaefer, *Nature* 274, 456 (1978); W. D. Watson, *Rev. Mod. Phys.* **1976**, 48, 513; E. Herbst, *Astrophys. J.* **1978**, 222, 508.
2. A. Coupeaud, M. Turowski, M. Gronowski, N. Pietri, I. Couturier-Tamburelli, R. Kolos, J-P. Aycard *J. Chem. Phys.* **2007**, 126, 164301.
3. M. Lattelais, Y. Ellinger, A. Matrane, J-C. Guillemin, *PhysChemChemPhys*, **2010**, 12, 4165-4171.
4. D. Begue, N. Gohaud, C. Pouchan, P. Cassam-Chenai, and J. Lievin, *J. Chem. Phys.* **2007**, 127 (16), 164115.

Evolution de la matière organique du milieu interstellaire à la surface des planètes telluriques

Grégoire Danger, Thierry Chiavassa, Isabelle Couturier, Fabien Borget, Fabrice Duvernay, Nathalie Piétri, Patrice Theule.

Groupe Astrochimie de l'équipe Spectrométries et Dynamique Moléculaire, laboratoire de Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires, UMR CNRS 6633 - Centre Saint-Jérôme - case 252, Université de Provence, Marseille France. Contact : +33491288285 ou gregoire.danger@univ-provence.fr.

L'évolution de la matière organique commence en grande partie au sein des nuages moléculaires denses. Ces nuages sont principalement formés de grains interstellaires incluant la majeure partie de la matière organique du milieu interstellaire sous forme de glace d'eau. Lors de l'évolution de ces grains au sein du nuage, cette matière organique va subir de nombreuses modifications chimiques (irradiation ionique, UV, effet thermique) pour aboutir à une complexification de la matrice organique. Dans certaines zones de ce nuage moléculaire, le nuage va s'effondrer sur lui-même pour former une nébuleuse solaire qui évoluera vers une protoétoile et potentiellement vers un système planétaire tel que notre système solaire. Au cours de cette évolution, les grains interstellaires vont s'agglomérer pour former de petits objets incluant la matière organique originelle qui suivant leur évolution autour de l'étoile pourront être qualifiés de comètes ou d'astéroïdes. Ces petits objets pourront servir de réservoir de matière organique pour le développement d'une chimie prébiotique à la surface de planète tellurique telle que la planète Terre.

A travers une approche expérimentale, l'objectif de notre groupe est d'étudier l'évolution chimique de cette matière organique interstellaire pour comprendre quels processus chimiques peuvent avoir lieu dans ces environnements astrophysiques. De plus, cette approche nous permet de mieux comprendre l'origine et l'évolution de la matière qui compose les objets de notre système solaire, pour développer *in fine* une approche expérimentale pour l'étude des processus chimiques prébiotiques au sein de planètes telluriques telle que la planète Terre.

Enrichissement Enantiomérique par Solubilisation ou Sublimation Partielle

Jean-Claude Guillemin

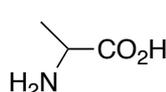
École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, CNRS, UMR 6226, Avenue du Général Leclerc, CS 50837, 35708 Rennes Cedex 7, France.

La plupart des briques du vivant que sont les acides aminés et les sucres possèdent un centre de chiralité. Cependant, un seul des deux énantiomères possibles est présent dans les molécules du vivant. Toutefois en chimie abiotique et en absence d'un composé chiral présent en excès, la chimie des molécules prochirales conduit toujours à un mélange équimolaire des énantiomères.

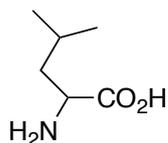
Depuis presque deux siècles, la question de l'origine de l'homochiralité terrestre a conduit à échafauder de multiples théories et à développer de multiples études sur l'origine de l'excès énantiomérique. L'enrichissement énantiomérique de mélanges initiaux faiblement enrichis a connu récemment des développements importants.

Les travaux de Blackmond¹ permettent de montrer comment une solubilisation partielle d'un mélange initialement faiblement enrichi peut conduire à une solution ne contenant pratiquement que l'un des énantiomères alors que le racémique est essentiellement en phase solide. La chimie s'effectuant dans la phase liquide peut donc devenir dépendante de la présence d'un seul énantiomère.

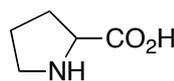
La sublimation d'un composé chiral énantiomériquement enrichi s'est aussi avérée plus complexe qu'il n'avait été proposé au début des années 80 où toute sublimation devait conduire à la formation en phase gazeuse du mélange eutectique indépendamment de la composition et de la nature du mélange initial.² Des travaux récents ont montré que soit dans des conditions de sublimation très loin de l'équilibre³ mais aussi dans des conditions douces de sublimation très lente,⁴ des résultats différents pouvaient être obtenus pour un même composé avec le même excès énantiomérique initial en fonction de la nature du mélange initial. Une partie importante de ces travaux a été réalisée sur des acides aminés, constituants du vivant.



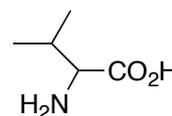
alanine



leucine



proline



valine

En solution comme en phase gazeuse, le concept de « conglomérat cinétique » ouvre de nombreuses possibilités en chimie prébiotique.

Références

1 M. Klussmann, H. Iwamura, S. P. Mathew, D. H. Wells, Jr., U. Pandya, A. Armstrong, D. and G. Blackmond, *Nature*, 2006, **441**, 621-622. M. Klussmann, T. Izumi, A. J. P. White, A. Armstrong and D. G. Blackmond, *J. Am. Chem. Soc.* 2007, **129**, 7657-7660. M. Klussmann, S. P. Mathew, H. Iwamura, D. H. Wells, A. Armstrong and D. G. Blackmond, *Angew. Chem., Int. Ed.* 2006, **45**, 7989-7992.

2. D. L. Garin, D. J. C. Greco and L. Kelley, *J. Org. Chem.* 1977, **42**, 1249-1251. J. Jacques, A. Collet and S. H. Wilen, "Enantiomers, racemates, and resolutions" John Wiley & Sons, 1981, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, pp. 163-165.

3 V. A. Soloshonok, H. Ueki, M. Yasumoto, S. Mekala, J. S. Hirschi and D. A. Singleton, *J. Am. Chem. Soc.* 2007, **129**, 12112-12113. M. Yasumoto, H. Ueki, V. A. Soloshonok *J. Fluorine Chem.* 2010, **131**, 540-544. M. Yasumoto, H. Ueki, T. Ono, T. Katagiri, V. A. Soloshonok *J. Fluorine Chem.* 2010, **131**, 535-539.

4. Bellec, A. ; Guillemin, J.-C. *Chem. Commun.*, **2010**, 46, 1482-1484. Bellec, A. ; Guillemin, J.-C. *J. Fluorine Chemistry*, **2010**, *131*, 545-548.

Microfossiles et biosignatures.

Frances Westall

Centre de Biophysique Moléculaire-CNRS-OSUC, Rue Charles Sadron, 45071 Orléans, France

Quelles sont les signatures de vie microbienne et quelles sont les signatures d'une vie fossile dans les roches ?

Pour répondre à cette question, il est utile de classifier les différents aspects de vie:

- (1) la structure physique,
- (2) les molécules organiques, et
- (3) l'activité métabolique.

Chaque groupe résulte en plusieurs biosignatures. Les structures physiques rassemblent les cellules, colonies, biofilms, bio-constructions, et des textures résultant de la présence de microorganismes. Les molécules organiques sont caractérisées par leur composition et structure. Finalement, tandis que l'activité métabolique dans les organismes actuels est normalement mesurée en temps réel, par diverses méthodes, ceci n'est pas possible dans un microorganisme fossile. Là, on peut chercher des témoins des effets secondaires, comme les biominéraux, des concentrations particulières d'éléments, des rapports isotopiques de certains éléments, et des influences sur la composition de minéraux, sur la forme ou sur leur dissolution. Cependant, pour chaque classe de biosignatures, il y a souvent des phénomènes abiologiques qui produisent des signatures semblables. Il est donc nécessaire de chercher différents types de biosignatures afin d'éliminer toute ambiguïté d'interprétations.

Confinement membranaire d'un ARN auto-catalytique

DELAN-FORINO Clémentine, HERRIER Anne-Sophie,
VEVER-BIZET Christine, MAUREL Marie-Christine,
TORCHET Claire et BONNEAU Stéphanie

*Acides Nucléiques et Biophotonique, FRE3207-CNRS, UPMC-Université Paris 6,
4 place Jussieu, 75005 Paris*

email : clementine.delanforino@gmail.com

La compartimentation est un élément essentiel de tous les systèmes biologiques actuels. Par conséquent, la question de la séparation d'un milieu interne, distinct de son environnement, est une question centrale dans le domaine des recherches sur les origines de la vie. C'est dans ce cadre que nous avons montré, grâce aux outils de la physique et de la biophysique, que la lumière peut sous certaines conditions induire une perméabilisation transitoire contrôlée de membrane (Heuvingh et Bonneau, 2009). Notre approche consiste à internaliser un ARN catalytique dans le compartiment aqueux d'une vésicule lipidique afin d'étudier son activité dans cet environnement confiné.

Notre modèle d'étude est le viroïde ASBVd (*Avocado Sunblotch Viroid*) de la famille des *Avsunviroidae* qui est responsable d'une infection de l'avocat. Cet ARN de 247 nucléotides présente une polarité (+) et (-) qui toutes deux possèdent une région catalytique qui permet l'auto-clivage de cet ARN. *In vivo*, ce clivage est primordial pour la réplication du viroïde qui se fait suivant un mécanisme en cercle roulant au cours duquel les ARN multimériques réalisent une auto-coupure afin de produire les formes monomériques infectieuses (Flores *et al* 2000). Les propriétés des viroïdes indiquent qu'ils pourraient être des reliques de l'évolution pré cellulaire (Diener, 1989). En particulier, les viroïdes, ainsi que les ARN satellites, sont les seules molécules d'ARN connues pour pouvoir se répliquer sans intermédiaire ADN et sans coder de protéines. Il a donc été proposé que, au cours de l'émergence des organismes cellulaires, les ancêtres de viroïdes, qui étaient des molécules libres, auraient survécu grâce à l'acquisition d'un mode de vie intracellulaire.

Références :

- Heuvingh, J., and Bonneau, S. (2009). Asymmetric oxidation of giant vesicles triggers curvature-associated shape transition and permeabilization. *Biophys J* 97, 2904-2912.
- Flores, R., Daros, J.A., and Hernandez, C. (2000). Avsunviroidae family: viroids containing hammerhead ribozymes. *Adv Virus Res* 55, 271-323.
- Diener, T.O. (1989). Circular RNAs: relics of precellular evolution? *Proc Natl Acad Sci U S A* 86, 9370-9374.

Tester la survie de microfossiles lors de l'entrée atmosphérique : l'expérience STONE 6

FOUCHER, Frédéric¹, WESTALL, Frances¹, BRANDSTATTER, Franz²,
DEMETTS, René³, PARNELL, John⁴, COCKELL, Charles S.⁵, EDWARDS,
Howell G. M.⁶, BENY, Jean-Michel⁷, BRACK, André² et KURAT, Gero².

- 1) *Centre de Biophysique Moléculaire, Orléans, France.*
- 2) *Naturhistorisches Museum, Wien, Austria.*
- 3) *European Space & Technology Centre, Noordwijk, The Netherlands.*
- 4) *Geofluids Research Group, University of Aberdeen, United Kingdom.*
- 5) *Geomicrobiology Research Group, Open University, Milton Keynes, United Kingdom.*
- 6) *Chemical and Forensic Sciences, University of Bradford, United Kingdom.*
- 7) *Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), Orléans cedex 2, France.*

frederic.foucher@cnr-orleans.fr

Les études cherchant à comprendre l'origine de la vie en étudiant les plus anciens fossiles sont limitées par le métamorphisme terrestre et la tectonique des plaques responsable de leur disparition. Les plus vieux fossiles découverts à ce jour sont ainsi âgés de 3,5 milliards d'années alors que la vie est apparue il y a probablement plus de 4 milliards d'années. Les recherches s'orientent donc vers Mars qui, durant le Noachien (-4.5 à -3.5 Ga), aurait connu des conditions favorables à l'émergence de la vie, avec la présence d'eau liquide notamment. Mars n'étant pas sujette à la tectonique des plaques, des fossiles relativement bien conservés pourraient y être retrouvés. Si de futures missions spatiales dédiées à ces recherches sont prévues dans les années à venir, une autre solution pour étudier ces structures serait d'analyser des météorites sédimentaires martiennes. Cependant, les 55 météorites martiennes découvertes à ce jour sont toutes d'origine basaltique et donc incompatible avec la présence de traces de vie fossile. Une expérience spatiale, nommée STONE 6, a été réalisée en septembre 2007 afin de déterminer si des sédiments de l'Archéen, analogues de sédiments martiens, contenant des microfossiles pouvaient survivre à l'entrée atmosphérique. Fixé sur le bouclier thermique d'une capsule FOTON, un échantillon de roche (sédiments silicifiés contenant des microfossiles carbonés et vieux de 3,5 milliards d'années provenant du Pilbara, Australie) a été soumis aux conditions de l'entrée atmosphérique. Après atterrissage, les analyses réalisées sur différents équipements (microscope électronique à balayage, spectromètre Raman, microscope optique...) ont permis d'étudier les modifications induites par l'entrée atmosphérique et de démontrer la survie des microfossiles. Il apparaît également que, contrairement aux météorites basaltiques qui sont caractérisées par une croûte de fusion noire, les roches sédimentaires ne présentent pas de croûte de fusion ou alors une croûte de couleur blanche. Cette observation pourrait expliquer pourquoi aucune météorite de ce type n'a encore été trouvée, les chasseurs de météorites se fiant justement à la couleur noire. La découverte de fossiles dans des météorites sédimentaires martiennes constitue donc une possibilité qui nous permettrait peut-être de remonter encore un peu vers les origines de la vie.

Origins of Life under Extreme Conditions: Compensatory Effect between Pressure and Temperature on RNA self-cleavage Activity

KADDOUR Hussein¹, VERGNE Jacques and MAUREL Marie-Christine²

Acides Nucléiques et Biophotonique, ANBioPhy FRE 3207 CNRS, UPMC Université Paris 06, France

¹ hussein.kaddour@etu.upmc.fr & ² marie-christine.maurel@upmc.fr

The discovery of hydrothermal vents in late seventies (1) greatly expands the possible range of sites for the origin of life. More recently, it was also reported that hydrothermal regions deep in the Earth's crust have surprisingly extensive microbial populations (2). Both hydrothermal vents and deep geothermal regions may have provided a refuge from giant impacts that sterilized the surface of the early Earth. This idea is supported by evidence from ribosomal RNA sequences which strongly suggests that the last common ancestor of all life on Earth was likely to have been a thermophilic microorganism (3,4). On the other hand, it was suggested that viroids and viroid-like satellite RNAs (which are small plant pathogenic RNAs) are plausible candidates as "living fossils" of a precellular RNA world (5), a genetic world where the first stage of life's evolution had proceeded by RNA molecules performing the catalytic activities necessary to assemble themselves from a nucleotide soup (6). Taken together these ideas, we studied the self-cleavage activity of the Avocado Sunblotch Viroid under hydrostatic pressure in a range of 0.1 - 300 MPa and at temperatures ranging up to 80°C, including those conditions of the near hydrothermal vents which provide habitats for living cellular and viral species. The experiments were performed in an automated high pressure/temperature reactor which allows the removal of samples from the incubation chamber while the pressure is maintained constant (7). Our results show that pressure decreases the RNA activity while temperature increases it. These results underscore a compensatory effect between temperature and pressure, which could have favored some primitive reactions under conditions of early life and then, could have facilitated adaptation to these hydrothermal niches where rich chemistry, high temperature and high pressure offer a plausible nest for the emergence of life (8).

References :

1. Corliss, J. B., Dymond, J., Gordon, L. I., Edmond, J. M., von Herzen, R. P., Ballard, R. D., Green, K., Williams, D., Bainbridge, A., Crane, K., and van Andel, T. H. (1979) *Science* **203**(4385), 1073-1083
2. Stevens, T. O. and McKinley, J. P. (1995) *Science* **270**(5235), 450-455
3. Woese, C. R. (1987) *Microbiol. Rev.* **51**, 221
4. Pace, N. R. (1991) *Cell* **65**, 531
5. Diener, T. O. (1989) *Proc Natl Acad Sci U S A* **86**(23), 9370-9374
6. Gilbert, W. (1986) *Nature* **319**, 618
7. Kaddour, H., Vergne, J., Hervé, G., and Maurel, M-C. (2010) *J Biol Chem* (in preparation)
8. Orgel L. E. (2004) *Crit Rev Biochem Mol Biol* **39**, 99-123

Mars aujourd'hui et autrefois.

François Forget

LMD, Institut Pierre Simon Laplace 75005 Paris

Email : forget@lmd.jussieu.fr

L'intérêt des exobiologistes pour Mars est multiple. La planète Mars que nous explorons aujourd'hui reste le monde qui ressemble le plus à la Terre dans le système solaire. C'est une planète désertique et glacée, mais encore riche en eau. Il est important de vérifier si une activité biologique peut y être détectée, de comprendre les processus biochimiques actifs en surface ou en profondeur, si des « niches » propices à une forme de vie peuvent exister, etc.

Cependant, c'est une tout autre planète Mars qui passionne les exobiologistes : celle qui existait dans un très lointain passé, il y a plus de trois milliards d'années. La géomorphologie et la minéralogie des anciens terrains de Mars qui recouvrent encore une moitié de la planète témoignent d'un monde où l'eau liquide a pu être abondante, au moins épisodiquement. Comme la Terre à la même époque, Mars aurait pu être propice à l'émergence de la vie. L'enquête sur les conditions exactes qui ont pu régner sur Mars dans ce lointain passé progresse, mais elle est loin d'être terminée.

Ma présentation sera consacrée aux récentes avancées et découvertes en lien avec l'exobiologie et l'habitabilité de ces deux planètes Mars.

Concernant Mars de nos jours, je ferai le point sur les observations de méthane martien. Pour expliquer ces observations, une forte activité géochimique voire biologique semble nécessaire, et des processus chimique étonnamment efficaces doivent opérer dans l'atmosphère. Ces observations pourraient être à l'origine d'une révolution dans notre compréhension de la planète Mars, mais elles doivent être confirmées. La recherche de gaz traces « hors équilibre » sera de toute façon l'objectif principal de la mission Mars Trace Gas Orbiter lancée en 2016.

Par ailleurs, j'évoquerai quelques observations de la sonde Phoenix à la surface de Mars et comment ces résultats pourraient être à l'origine d'une nouvelle interprétation des résultats des atterrisseurs Viking, en attendant les analyses du Mars Science Laboratory à partir de 2012.

Je ferai aussi un point sur les avancés de l'enquêtes concernant les différentes phases qu'a pu connaître Mars dans sa période la plus active il y a plus de 3,5 milliards d'années. Les observations des missions Mars Express, Mars Exploration Rovers et Mars Reconnaissance Orbiter ont complètement renouvelé notre vision de cette ancienne planète Mars. Cette nouvelle connaissance apporte autant de nouvelles questions que de réponses. Aussi les conditions environnementales qui ont pu régner sur Mars à cette époque restent mal comprises. Je mentionnerai aussi quelques progrès réalisés dans la modélisation numérique des ces conditions.

Les satellites du système solaire extérieur

COUSTENIS, Athéna

LESIA, Observatoire de Meudon, 92195 Meudon Cedex

Athena.coustenis@obspm.fr

Le système solaire externe présente plusieurs possibilités intéressantes pour la recherche de la vie ou tout simplement pour élucider des questions exobiologiques, notamment en regardant les conditions prévalant dans les satellites des planètes géantes. Titan et Encelade, satellites de Saturne ou Europe, satellite de Jupiter ont un potentiel astrobiologique important. La possibilité d'un océan d'eau liquide sous la surface a été évoqué pour tous ces objets. Dans le cas de Titan et d'Encelade, une chimie organique complexe est détectée dans l'atmosphère. Je parlerai de nos connaissances actuelles sur les aspects astrobiologiques de ces objets et de leur exploration en cours et future.

Les *Petits Corps* prennent plus de place dans le système solaire...

COTTIN, Hervé

*LISA - Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques
Universités Paris-Est Créteil - Paris Diderot, CNRS UMR 7583
Institut Pierre Simon Laplace
61, av du Général de Gaulle
94010 Créteil Cedex*

herve.cottin@lisa.u-pec.fr

Tous les corps de notre Système Solaire se sont formés il y a environ 4,56 milliards d'années, suite à l'effondrement sur lui-même d'une partie d'un nuage moléculaire. De ce même matériau sont nés des objets aussi différents que le Soleil, les planètes telluriques, les planètes géantes ainsi que leurs satellites, et les petits corps (astéroïdes et comètes).

Ces derniers, longtemps dans l'ombre des planètes, ont mobilisé une attention croissante au cours de la dernière décennie. Situés au carrefour des origines : origine du système solaire et origine de la vie, ces résidus du processus d'accrétion sont une mine d'information concernant l'évolution de la matière primitive vers la formation des planètes, mais aussi une source avérée de matière organique ayant pu jouer un rôle déterminant dans l'évolution chimique ayant conduit à l'apparition de la vie sur la Terre. Depuis la création du GDR exobiologie, en 1999, notre vision des petits corps a été profondément bouleversée. Grâce aux observations in-situ, le visage des comètes a changé, grâce à l'amélioration de la sensibilité des instruments et aux programmes automatiques de détection, le nombre d'astéroïdes identifiés est passé de 50 000 à 500 000 environ. La NASA a « bombardé » une comète, et rapporté avec succès des échantillons de poussière de la comète Wild 2. L'ESA, quant à elle, n'est plus qu'à quelques années de se poser pour la première fois sur un noyau cométaire. La JAXA a survolé un étonnant astéroïde, et prépare un ambitieux retour d'échantillon depuis un astéroïde carboné.

En même temps, les frontières entre les astéroïdes et les comètes se brouillent et s'estompent, et les interrogations principales demeurent : quel est le lien entre les petits corps non différenciés et la matière interstellaire, quel a été leur rôle dans l'origine de la vie sur Terre ?

Au cours de cette présentation, je tenterai de dresser l'inventaire de ce qui a changé en profondeur dans notre connaissance des petits corps au cours de ces dix dernières années, et des principales échéances pour les prochaines années.

La Lithothèque Orléanaise : une banque de roches analogues pour des missions in-situ

Nicolas Bost^{1,2}, Frances Westall¹, Claire Ramboz², Frédéric Foucher¹ et l'équipe de la lithothèque d'Orléans*.

¹ CNRS, Centre de Biophysique Moléculaire, OSUC, Orléans, France,

² Institut des Sciences de la Terre et de l'Environnement, OSUC, Orléans, France,

nicolas.bost@cnrs-orleans.fr

Les multiples instruments développés pour les missions *in situ* d'étude de corps extraterrestres (astéroïdes, planètes,...) doivent être étalonnés avec des matériaux préalablement bien caractérisés. Ces travaux de calibration et de test des instruments seront un atout majeur pour l'interprétation et le traitement des données réalisées par des analyses *in-situ*.

Une collection de roches très bien caractérisées est en cours de création Sur le campus CNRS d'Orléans en collaboration avec l'Observatoire des Sciences de l'Univers de la région Centre. Elle servira à calibrer et tester les instruments de futures missions spatiales. La base de données afférente à cette collection sera mise en ligne et sera consultable partiellement, pour des activités pédagogiques par exemple, ou dans sa totalité pour les équipes scientifiques bien identifiées.

Actuellement nos travaux se concentrent sur l'étude de matériaux analogues martiens en vue de la future mission conjointe ESA-NASA, avec les rovers ExoMars Max-C, prévue pour 2018.

La collection initiale de 10 échantillons comprend des basaltes, des sédiments et des minéraux. L'ensemble des échantillons est caractérisé macroscopiquement, puis du point de vue pétrographique, pétrologique, géochimique en utilisant des instruments de laboratoire de pointe: microscopie, analyses minéralogiques (Diffraction des rayons X, spectrométrie infra rouge et Raman), analyses élémentaires (EDX, microsonde, ICP) et analyses organiques (Raman, pyrolyse GCMS). Le cas échéant, les échantillons seront aussi caractérisés en utilisant les prototypes d'instruments destinés aux missions spatiales *in-situ*.

Selon l'état actuel de nos connaissances, la surface de Mars est essentiellement composée de roches volcaniques et principalement de basaltes (pauvres en silice). C'est pourquoi notre banque d'analogues comporte différents types de basaltes pour répondre au mieux aux conditions *in-situ*. Les basaltes sélectionnés ont des compositions chimiques variables, diverses textures et structures mais aussi pour leur capacité à contenir des traces de vies primitives. La lithothèque orléanaise comprend une collection de basaltes ultramafiques primitifs, altérés et en particulier silicifiés. La structure et la texture de la roche est importante pour une analyse *in-situ*, c'est pourquoi les basaltes choisis se sont mis en place selon différentes modalités (coulées de lave, orgues basaltiques, bombes, scories,...).Le premier groupe de roches analogues comprend quelques roches sédimentaires, notamment des cherts et des BIF archéens, contenant des graphitoïdes, traces fossiles de la vie sur la Terre primitive.

*Equipe de la lithothèque d'Orléans : Nicolas Bost, Frances Westall, Claire Ramboz, Frédéric Foucher, Axelle Hubert, Derek Pullan, Beda Hofmann, Elisabeth Vergès, Michel Viso, Jorge Vago, Bruno Scaillet, Michel Tagger, Abigail Allwood.

Analyse par spectrométrie de masse à très haute résolution de composés organiques complexes d'intérêt prébiotique

O. Dutuit (1), J.-Y. Bonnet (1), M. Frisari (1), E. Quirico (1), B. Schmitt (1), R. Thissen (1), V. Vuitton (1), N. Carrasco (2), G. Cernogora (2), E. Sciamma O'Brien (2), C. Szopa (2), H. Cottin (3), N. Fray (3), L. Le Roy (3), M.A. Smith (4,5), A. Somogyi (4), S. Hörst (5) and R. Yelle (5)

(1) *Laboratoire de Planétologie de Grenoble, CNRS, Univ. J. Fourier, Grenoble, France*

(2) *Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales, CNRS, Univ. Versailles St-Quentin, Univ. P. et M. Curie, Guyancourt, France*

(3) *Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, CNRS, Univ. D. Diderot, Univ. Paris Val-de-Marne, Créteil, France*

(4) *Dept. of Chemistry and Biochemistry, Univ. Arizona, Tucson, USA*

(5) *Lunar and Planetary Lab., Univ. Arizona, Tucson, USA*

odile.dutuit@obs.ujf-grenoble.fr

La matière sombre observée sur beaucoup de corps du système solaire, astéroïdes, comètes, planètes ou lunes, pourrait s'expliquer par la présence de matière organique complexe azotée sur la surface ou dans l'atmosphère de ces objets. Afin de mieux comprendre la structure chimique de cette matière organique, des analogues de laboratoire sont synthétisés et analysés par différentes méthodes. Nous présentons ici les premiers résultats obtenus par l'analyse par spectrométrie de masse à très haute résolution (10^5) avec l'Orbitrap du Laboratoire de Planétologie de Grenoble. Cette méthode permet d'analyser des composés organiques très complexes dont on peut déterminer la composition chimique grâce à la mesure de la masse exacte et aux techniques de fragmentations successives (MS/MS).

Une comparaison entre l'analyse de Tholins (analogues de laboratoire des aérosols de Titan), synthétisés dans le montage PAMPRE du LATMOS, et de polymères de HCN synthétisés au LISA, montre que les Tholins sont composés de molécules beaucoup plus complexes que ces polymères. Une série de molécules standard de type $C_xH_yN_z$ ont aussi été analysées pour mieux comprendre la composition chimique des Tholins. Enfin, nous montrerons que les Tholins peuvent incorporer de l'oxygène à partir de CO introduit dans le plasma de PAMPRE pour former des molécules d'intérêt prébiotique (acides aminés, bases de l'ADN).

Un spectromètre de masse à très haute résolution du type Orbitrap est en cours de développement pour de futures expériences spatiales embarquées, ce qui permettrait d'envisager ce type d'études in situ et ainsi permettre d'importants progrès dans la connaissance de la matière organique des corps du système solaire.

Dernières nouvelles des exoplanètes

ARNOLD Luc

*Observatoire de Haute Provence (OHP) CNRS
04870 Saint-Michel-l'Observatoire*

luc.arnold@oamp.fr

Je présenterai un panorama sur les techniques de recherche et de caractérisation des exoplanètes, en m'appuyant surtout sur les résultats les plus récents issus des observatoires au sol (*surveys* vitesses radiales et transits essentiellement) mais aussi dans l'espace, avec Corot et Kepler. Les observations s'accélèrent, les besoins de suivis au sol augmentent pour confirmer un nombre toujours croissant de candidats, et 2010 nous a apporté son lot de résultats spectaculaires. Ces observations laissent entrevoir le nombre énorme d'exoplanètes encore à découvrir et révèlent déjà la grande diversité de ces nouveaux mondes. Une promesse pour l'exobiologie.

Photophysique VUV de Molécules Prébiotiques dans le contexte des exoplanètes

LEACH, Sydney

Laboratoire d'Etude du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique

Observatoire de Paris-Meudon, 92195-Meudon, France

Sydney.Leach@obspm.fr

One of the important aims of the study of extrasolar planets is to identify markers that could be associated with the presence or possible future existence of life on these far-off objects. Thus the identification of prebiotic molecules and elementary biotic building blocks is a valid objective. Since the atmospheres of extrasolar planets is increasingly studied by spectroscopic means, permitting the prevailing physical environment, in particular the local radiation field, to be determined, it is imperative to understand the viability of prebiotic and biotic molecules under these conditions. Furthermore, these extrasolar planets will most probably also be subject to inflow of material from local comets and asteroids and these could give rise to observable effects. I will present the results of extensive studies of the VUV spectroscopy and photophysics of a number of prebiotic molecules, such as ammonia, formic acid, acetic acid, acetonitrile, formamide and acetamide, as well as recognised biological building blocks such as the amino acids glycine, alanine, valine etc, and a number of purines and pyrimidines, including the nucleic acid bases adenine, thymine and uracil. These results will be set in the context of the survivability of these species under various conditions of irradiation and in settings corresponding to (exo)-planetary atmospheres and cometary and asteroidal environments.

Manifestations linguistiques de la constitution d'un champ interdisciplinaire : le cas de l'exobiologie.

A. Condamines (1), N. Dehaut(1) et (2), D. Galarreta (2)

(1) CLLE-ERSS, CNRS et Université Toulouse Le Mirail.

(2) CNES

Il est rare que l'on puisse observer, d'un point de vue linguistique, un champ interdisciplinaire en train de se constituer. Le cas de l'exobiologie est de ce point de vue très intéressant, puisqu'il offre une situation de confrontation discours scientifiques orientés selon différents points de vue et en même temps une tentative d'articulation cohérente de ces discours. La présentation portera sur les « indices » linguistiques permettant de repérer, dans un corpus de textes, l'émergence de fonctionnements langagiers nouveaux manifestant l'apparition de cette nouvelle science. Plus généralement, il s'agit de repérer des glissements de sens.

Le corpus est constitué de plusieurs manuels portant sur l'exobiologie rédigés par des spécialistes des différentes disciplines impliquées : (astronomie, biologie, chimie, géologie. Les textes émanant de chacune des disciplines sont comparés aux autres afin de repérer des divergences dans les usages (termes différents ou termes similaires mais avec des sens différents).

Nous mettrons l'accent sur les indices manifestant une évolution langagière « consciente » pour les protagonistes (posant *a priori* moins de difficultés dans la communication) vs les indices manifestant une évolution non consciente. Les évolutions non conscientes peuvent être à l'origine de difficultés de communication (puisqu'elles se font à l'insu des locuteurs) mais, dans ce contexte d'émergence d'une discipline, elles sont aussi un « focus » langagier particulièrement intéressant à examiner.

L'étude est menée dans le cadre d'une thèse co-financée par le CNES et le CNRS et d'un projet financé par le Programme interdisciplinaire « Environnements Planétaires et origines de la Vie ».

A. CONDAMINES, J. REBEYROLLE, 1997, « Points de vue en langue spécialisée », *Meta*, 42-1, pp. 174-184.

Y. GENTILHOMME, 1996, « L'ambiguïté est-elle une tare ? », *BULAG*, n°21, pp. 105-125.

L. Guilbert, 1965, *La formation du vocabulaire de l'aviation*, Librairie Larousse, Paris.

F. RECANATI, 1997, « La polysémie contre le fixisme », *Langue française*, Volume 113, Numéro 1, pp. 107 – 123.

M. SLODZIAN, 2000, « L'émergence d'une terminologie textuelle et le retour du sens », in H. Béjoint & P. Thoiron (éds), *Le sens en terminologie*, Lyon, Presses Universitaires de Lyon, pp. 61-85.

**Le programme Interdisciplinaire de recherche du CNRS
« Environnements Planétaires et Origines de la Vie (EPOV) »**

Marc Ollivier

*Institut d'Astrophysique Spatiale d'Orsay
Bâtiment 121, Université de Paris-Sud
91405 ORSAY Cedex*

marc.ollivier@ias.u-psud.fr

Le Programme Interdisciplinaire de Recherche du CNRS « Environnements Planétaires et Origines de la Vie (EPOV) » a été créé fin 2009, en renouvellement de la précédente initiative « Origine des Planètes et de la Vie (OPV) ». La durée du programme est de 3 ans, et le deuxième appel d'offre sera lancé à la fin 2010. Durant cet exposé, je présenterai les objectifs du programme, en terme d'orientations scientifiques, d'objectifs prioritaires mais également en termes d'attendus et de structuration de la communauté, présenterai et illustrerai les résultats du premier appel d'offre, et expliciterai les modalités des appels d'offre futurs.

LA COMPOSANTE SPATIALE DE L'EXOBILOGIE AUJOURD'HUI

Michel Viso responsable du thème exobiologie au CNES

CNES/DSP/EU, 2 place Maurice Quentin, 75039 Paris CEDEX 01

Les activités spatiales liées à l'exobiologie se déclinent dans cinq domaines différents.

1) Les missions en cours d'exploitation **Expose E et R, Cassini**

a. EXPOSE E

Expose E est un bâti expérimental fabriqué par l'ESA et destiné à exposer des échantillons aux flux radiatifs à l'extérieur de la station. Le module est resté 18 mois en orbite avant d'être rapporté par le navette spatiale. Cinq expériences scientifiques françaises parmi une vingtaine d'autres ont volé sur cet instrument. Les échantillons sont revenus dans les laboratoires et il sont en cours d'analyse.

b. EXPOSE R

Cet instrument fabriqué par l'ESA reprend l'essentiel des fonctions de Expose E mais il est simplifié pour être accroché à un module russe. Il a été installé à l'extérieur de Zvezda en 2009. Les échantillons devraient être rapportés sur Terre en début d'année prochaine.

c. Cassini

La mission Cassini se poursuit et à travers les fonctions de scientifique interdisciplinaire pour l'Astrobiologie, les équipes européennes et françaises continuent à contribuer à l'étude du système de Saturne en général et notamment des satellites Titan et Encélades..

2) Les missions en Préparation : **EXOMARS, EXPOSE R2**

a. EXOMARS

Le contenu de la mission Exomars a fortement évolué au cours de l'année précédente. Ce programme comporte maintenant de deux mission spatiales menées en coopération étroite avec les États-Unis. En 2016 une satellite sera lancé pour être placé en orbite avec des instrumente destinés essentiellement à rechercher et étudier l'atmosphère martienne et notamment confirmer la présence de Méthane et en calculer la répartition . Théoriquement un démonstrateur technologique européen d'atterrissage sera lancé aussi en 2016 avec une charge utile minimale (sélection au 4^{ème} Trimestre 2010) et avec une très courte durée de vie (8 sols martiens). En 2018, la NASA (en utilisant le «skycrane») déposera le véhicule de surface européen en même temps et au même endroit qu'un véhicule américain. Le développement de la charge utile scientifique européenne se poursuit dans les laboratoires.

b. EXPOSE R2

L'agence spatiale Européenne a sélectioné en 2010 des expériences nouvelles pour une deuxième « saison » Expose R. Prévues pour être lancées fin 2011 la préparation des expériences a commencé.

3) Les Missions en perspective : **le retour d'échantillons martiens, EJSM, TSSM**

a. Mars Sample Return

Cette mission revient dans le concert international après la mission du groupe de travail I-Mars. Les Etats-Unis ont décidé de faire de la mission de 2018 (cf Exomars) la première des trois missions nécessaire au retour d'échantillons martiens. Le contexte de

réalisation reste flou et les conséquences sur le contenu de la partie européenne de cette mission ne sont pas encore visibles.

b. Europa Jupiter System Mission (EJSM)

Cette mission incluse dans les projets Cosmic Vision de l'ESA actuellement à l'Etude pour la sélection finale de la mission L1 est aussi menée en coopération avec la NASA. Le volet exobiologique de l'étude d'Europe sera essentiellement inclus au sein de la partie américaine. Cela devrait nous encourager à développer des réflexions et des coopérations avec les équipes américaines. L'intérêt pour l'exobiologie de Ganymède et Callisto doit encore être développé et analysé.

c. Titan Saturn System Mission

Cette mission construite autour d'une coopération du même type avait été préparée pour la sélection L1 et se prépare à affronter simultanément la sélection L2 de l'ESA et une sélection américaine. Les équipes françaises mènent et contribuent à ce projet en se fondant sur l'expérience et les résultats de Cassini et de Huygens

d. Autres

La recherche d'une vie extraterrestre et de la compréhension du mécanisme de l'apparition de la vie sur Terre s'étend maintenant au delà de l'exploration du système solaire avec le développement des moyens de détection des exoplanètes et les études qui préparent leur observation. Un rapprochement de la communauté exobiologique de celle des astronomes et des planétologues est nécessaire pour préparer les instruments de la prochaine décennie.

4) La protection planétaire

Le regain d'intérêt pour le retour d'échantillons martiens et la complexité de l'exploration de la planète Mars relancent les réflexions autour de la protection planétaire notamment à l'ESA et à la NASA. Le cadre naturel de cette réflexion est le COSPAR et la communauté scientifique et le CNES sont particulièrement attentifs. Les recommandations qui s'écrivent dans ces instances ont en effet des répercussions scientifiques, techniques et budgétaires à long terme. L'implication de pays tiers, fussent-ils pays de lancement aux termes du traité de l'Espace de 1967 reste modeste. Des réflexions et des travaux nationaux en relation avec l'ESA nous semblent indispensables et une réflexion est en cours au CNES pour proposer une meilleure structuration de ces activités

5) Les actions de R&T

L'appel à proposition de R&T orienté Exobiologie s'est maintenant établi dans la communauté. Les actions entamées portent sur des techniques d'analyse innovantes et entièrement originales (Biopuces, Résonance Para-Electronique) ou l'amélioration de méthodes déjà spatialisées (chromatographie). D'autres projets sont exploratoires notamment sur des fonctions nouvelles d'instruments à placer à l'extérieur de l'ISS (suite d'EXPOSE). Enfin quelques projets en relation avec la protection planétaire développent en complément des actions européennes des niches de compétences qui seront valorisées dans les missions internationales. Les efforts d'innovation très amont sont la meilleure garantie de la place des équipes françaises dans les missions internationales futures

6) En conclusion

L'exobiologie prend sa place dans le paysage scientifique national. Le développement des programmes OPV et EPOV au CNRS et la prise en compte de certains aspects au sein du PNP

ou du PCMI orientent le CNES à concentrer ses activités dans ce domaine vers les expériences spatiales et les activités qui peuvent lui être rattachée. Une attention accrue aux aspects de protection planétaire nous semble nécessaire. Les synergies doivent être mieux développées et concertées. Un effort partagé se doit d'accompagner la politique de diffusion des connaissances en direction des étudiants, des jeunes scientifiques et du public ainsi que les actions plus emblématiques de rayonnement international de la communauté scientifique française du domaine (ORIGINS 2011).



QU'EST-CE QUE LA SF2A ?

La Société Française d'Astronomie et d'Astrophysique (SF2A) a été fondée en 1978.

La base de données comprend 1495 personnes dont environ 400 à 500 personnes à jour de leur cotisation.

Article 1 des statuts : « la SF2A a pour but de contribuer au développement et au rayonnement de l'astronomie en France et d'y associer l'ensemble des spécialistes d'astronomie concourant à cet objectif ».

Depuis 2007, le Comité National Français d'Astronomie (CNFA) a décidé de se dissoudre et de fusionner avec la SF2A, décision qui a été entérinée lors de l'assemblée générale de cette association en juillet 2007

Chaque année, la SF2A organise la semaine de l'astrophysique dans une ville française: PARIS 2008, BESANÇON 2009, MARSEILLE 2010 ET PARIS 2011

Depuis 2008, la SF2A invite une société sœur européenne et le/la président(e) de ces sociétés est invité(e) à présenter en session plénière les activités de son pays: La Royal Society of Astronomy (GB) en 2008, la Société Suisse d'Astronomie et d'Astrophysique (CH) en 2009 et la Societa Astronomica Italiana (I) en 2010.

<http://www.sf2a.asso.fr/>

POSTERS

Circular dichroism spectra of amino acids obtained from a molecular modelling approach based on quantum chemistry

Spectres de dichroïsme circulaire d'acides aminés obtenus à partir d'une approche en modélisation moléculaire quantique

ADRIAN-SCOTTO Martine¹, ANTONCZAK Serge¹, MEIERHENRICH Uwe¹

1) *Laboratoire de Chimie des Molécules Bioactives et des Arômes-UMR CNRS 6001
Equipe Chimiométrie et Modélisation
Faculté des Sciences - Université de Nice-Sophia Antipolis 06108 Nice Cedex2 France*

scotto@unice.fr

Les acides aminés sont impliqués dans de nombreux scénarios proposés dans le cadre des origines de la vie sur Terre. Ils faisaient partie des toutes premières protéines (enzymes) et on a même estimé leur ordre d'apparition (Jordan et al, 2005). L'un des challenges les plus connus au sujet des biopolymères dans les organismes vivants est le fait que ceux-ci font intervenir des monomères exclusivement de forme gauche (pour les éléments des protéines) et de forme droite (pour les nucléotides dans les ADN et ARN), un phénomène appelé homochiralité. De nombreuses tentatives ont été faites pour expliquer ce phénomène, et comprendre l'origine possible d'un déséquilibre racémique (Borchers et al., 2004). Dans l'hypothèse d'une origine extra-terrestre des briques moléculaires de base, on peut invoquer leur sensibilité à la photolyse assymétrique dans l'espace interstellaire, en relation avec l'absorption d'un rayonnement électromagnétique de polarisation circulaire (Meierhenrich and Thiemann, 2004).

Pour mettre en évidence les propriétés électroniques et chiro-optiques des acides aminés, nous faisons appel à une modélisation moléculaire quantique basée sur la théorie de la fonctionnelle densité (Density Functional Theory : DFT). Nous étudions le comportement en dichroïsme circulaire de divers types de molécules au travers de calculs de type B3LYP. Les spectres moyens sont produits sur la base d'une analyse de population de Boltzmann utilisant les spectres calculés pour les différentes conformations de chaque acide aminé.

Références

Jordan I.K., Kondrashov F.A., Adzhubei I.A., Wolf Y.I., Koonin E.V., Kondrashov A.S. and Sunyaev S. (2005). A universal trend of amino acid gain and loss in protein evolution, *Nature*, 433:633-638.

Borchers A.T., Davis P.A. and Gershwin E. (2004). The Asymmetry of Existence: Do We Owe Our Existence to Cold Dark Matter and the Weak Force?, *Experimental Biology and Medicine*, 229(1): 21–32.

Meierhenrich U. J. and Thiemann W. H.-P. (2004). Photochemical concepts on the origin of biomolecular asymmetry, *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 34:111–121..

Bredehöft J. H., Breme K., Meierhenrich U. J., Hoffmann S.V. and Thiemann W. H.-P. (2007). Chiroptical Properties of Diamino Carboxylic Acids. *Chirality*, 19:570-573.

Effet d'irradiations UV et VUV sur les acides aminés

BERTRAND Marylène, CHABIN Annie, BRACK André, WESTALL
Frances

CNRS, Centre de Biophysique Moléculaire, rue Charles Sadron, 45071 Orléans cedex

marylene.bertrand@cnrs-orleans.fr

Notre travail concerne l'étude de l'origine de la matière organique. Afin de mieux cerner les conditions dans lesquelles les molécules organiques, synthétisées dans l'espace, ont contribué à l'émergence de la vie sur Terre il y a plus de quatre milliards d'années, des acides aminés ont été exposés aux conditions de l'espace à bord de la station spatiale internationale (expériences EXPOSE-Eutef et EXPOSE-R) et également irradiés en laboratoires lors d'expériences au sol, au DLR de Cologne (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) et au CBM d'Orléans (Centre de Biophysique Moléculaire) (Cottin *et al.*, 2008). Les irradiations effectuées au DLR se situent dans l'UV entre 200 et 400 nm et au CBM dans le VUV et UV entre 110 et 370 nm.

Après irradiations, les acides aminés sont fonctionnalisés par des méthodes chirales et non chirales développées dans le laboratoire, puis analysés par chromatographie gazeuse couplée à un spectromètre de masse (Bertrand *et al.*, 2008).

Les expériences au sol démontrent que la résistance des molécules à l'irradiation est fonction de la nature chimique des chaînes latérales des acides aminés et de la gamme des longueurs d'onde utilisées lors des irradiations. Aucune racémisation n'a été constatée sur ces échantillons. L'analyse des premiers échantillons d'EXPOSE-Eutef exposés à bord de la station spatiale internationale nous permettra une première comparaison des résultats obtenus et apportera une indication de l'effet des rayonnements cosmiques sur la matière organique.

Bertrand, M., Chabin, A., Brack, A., Westall, F. (2008) Separation of amino acid enantiomers VIA chiral derivatization and non-chiral gas chromatography. *Journal of Chromatography A* 1180: 131-137.

Cottin, H., Coll, P., Coscia, D., Fray, N., Guan, Y.Y., Macari, F., Raulin, F., Rivron, C., Stalport, F., Szopa, C., Chaput, D., Viso, M., Bertrand, M., Chabin, A., Thirkell, L., Westall, F., Brack, A. (2008) Heterogeneous solid/gas chemistry of organic compounds related to comets, meteorites, Titan, and Mars: Laboratory and in lower Earth orbit experiments. *Advances in Space Research* 42: 2019-2035.

Exobiologie en France : les programmes scientifique, de recherche et développement financé par le Centre National d'Etudes Spatiales

Pascale Chazalnoel (1) et Michel Viso(2)

(1) CNES DCT/SI/IM 18 avenue Édouard Belin 31401 Toulouse CEDEX 9, France

(2) CNES/DSP/EU 2 place Maurice Quentin , 75039 Paris Cedex 01, France, E-mail:
pascale.chazalnoel@cnes.fr

Depuis plus de dix ans, l'exobiologie est organisée en France, conjointement, par le Centre Nationale d'Etudes Spatiales (CNES) et le Centre National de Recherche Scientifique (CNRS). Cette discipline, hautement pluridisciplinaire regroupe ainsi plus de 50 laboratoires et 200 chercheurs. La communauté scientifique française est impliquée dans des missions spatiales européennes et internationales pertinentes pour l'exobiologie. Elle développe aussi des travaux dans les laboratoires universitaires ou des unités du CNRS. Ceux ci recouvrent des simulations de laboratoire, l'étude de modèles et de la science expérimentale faisant appel à des disciplines variées (Chimie, Géologie, Biologie, Physique...). Considérant les différents domaines d'intérêt de l'exobiologie et la possibilité d'utiliser la recherche de traces de vie sur Terre comme modèle, les scientifiques et le CNES développent une stratégie pour préparer les futures missions d'exploration du système solaire ou plus largement d'étude de l'Univers. C'est ainsi que cette communauté est soutenue par le CNES pour les activités scientifiques, mais aussi depuis 2004 pour des initiatives de recherche et développement.

Cette stratégie comporte deux axes principaux :

- analyse in-situ : préparer les futurs instruments embarqués dans des missions spatiales. Par exemple mise au point de méthodes pour séparer des composés chiraux, identifier des molécules d'intérêts exobiologiques à l'aide de biopuces etc.),
- analyse de retour d'échantillons : développer les outils pour travailler sur Terre pendant la quarantaine afin de caractériser les échantillons (porte échantillon à triple enceintes étanches, Conception d'instruments capables d'effectuer des analyses non destructives d'échantillons -résonance paramagnétique électronique, etc.).

Certaines de ces actions de recherche et développement seront partiellement utilisées sur la mission Exomars mais seront candidates sur les missions à venir, dédiées à la recherche de traces de vie ou de chimie prébiotique dans le système solaire (EJSM, TSSM, Missions martiennes ...).

Réplication du viroïde *Avocado sunblotch* dans la levure *Saccharomyces cerevisiae*

DELAN-FORINO Clémentine, MAUREL Marie-Christine et TORCHET Claire

Acides Nucléiques et Biophotonique, FRE 3207 CNRS, Fonctions et Interactions des Acides Nucléiques, UPMC Université Paris 06, France

clementine.delanforino@gmail.com

Les viroïdes sont les plus petits agents pathogènes connus [Diener, 1971]. Ce sont des petits ARN circulaires, simple brin, non codants, sans enveloppe ni capsid. Les membres de la famille *Avsunviroidae* possèdent un **ribozyme en tête de marteau**, indispensable à leur réplication [Daròs *et al*, 1994].

Du fait de leurs propriétés remarquables, il a été suggéré que les viroïdes pourraient être les fossiles du monde ARN primitif [Diener 1989]. De plus, leurs différents lieux de réplication (noyau, chloroplastes), ainsi que des analyses phylogénétiques révélant des domaines de type viroïde dans l'ARN du virus HDV humain (*Hepatitis Delta Virus*) et des ARN satellites [Elena *et al*, 1991] semblent en faveur d'une certaine diversité des viroïdes. Pourtant, tous les viroïdes découverts à ce jour sont présents chez des hôtes végétaux. Dès lors, il est pertinent d'explorer l'adaptation et/ou la présence des viroïdes dans d'autres organismes : archées, bactéries, eucaryotes non-photosynthétiques.

Notre objectif a été d'étudier la réplication du viroïde pathogène de l'avocat, l'*Avsunviroidae* « *Avocado Sunblotch viroid* » (ASBVd), dans un hôte non conventionnel, la levure *Saccharomyces cerevisiae*. Nous avons démontré que les deux polarités des ASBVd étaient capables de se répliquer et de s'auto-couper dans un organisme unicellulaire eucaryote.

Pour la première fois, nos résultats mettent en évidence que les viroïdes peuvent se répliquer et s'adapter dans d'autres organismes que des plantes, ce qui suggère une diversité et une adaptabilité insoupçonnées à ce jour. La mise en évidence d'une certaine ubiquité des viroïdes conforte l'importance des petits ARN, apparentés à un monde ARN primitif, dans les cellules actuelles [Torchet and Maurel, 2007].

Daròs J.A., Marcos J.F., Hernández C., and Flores R. (1994), Replication of Avocado Sunblotch Viroid: Evidence for a symmetric pathway with two rolling circles and hammerhead ribozyme processing, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **91**:12813-12817.

Diener Theodor O. (1971), Potato spindle tuber "virus" IV: A replicating low molecular weight RNA, *Virology*, **45**:411-428.

Diener Theodor O. (1989), Circular RNAs: relics of precellular evolution?, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **86**(23):9370-9374.

Elena SF, Dopazo J, Flores R, Diener TO, Moya A. (1991), Phylogeny of viroids, viroidlike satellite RNAs, and the viroidlike domain of hepatitis delta virus RNA, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **88**(13):5631-5634.

Torchet C., Maurel M.C. (2007), RNAs in extreme environments, *Chem Biodivers*, **4**(9):1957-1971.

Élaboration d'une unité d'analyse chirale pour la séparation énantiomérique *in situ* de molécules organiques d'intérêt exobiologique

FREISSINET Caroline^{1, 2}, BUCH Arnaud¹, STERNBERG Robert²

1) Laboratoire de Génie des Procédés et Matériaux (LGPM), Ecole Centrale Paris, Grande voie des vignes, 92295 Châtenay-Malabry, PressUniverSud, France

2) Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA), UMR CNRS 7583, Université Paris XII, Créteil, France

caroline.freissinet@lisa.univ-paris12.fr

La recherche de vie extraterrestre et en particulier de vie sur Mars est devenue un des enjeux majeurs des prochaines explorations spatiales. Dans ce cadre, la recherche de molécules organiques et l'étude de leur forme énantiomérique pourrait permettre d'obtenir les premiers indices en faveur d'une présence passée ou présente de vie sur cette planète. En effet la vie telle que nous la connaissons est uniquement basée sur des acides aminés L et sucres D. Ces molécules organiques et leur éventuel excès énantiomérique pourraient avoir été conservés dans les conditions martiennes.

La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM) est actuellement la technique analytique spatialisable la plus pertinente pour la détection de composés organiques volatils. Afin de rendre volatils les composés réfractaires tels que les acides aminés, nous proposons une fonctionnalisation chimique au diméthylformamide diméthyl-acétal (DMF-DMA). Cette fonctionnalisation couplée à une analyse sur une colonne chirale est une technique parfaitement adaptée à la séparation énantiomérique et à la spatialisation. Nous avons donc mis au point une méthode de **fonctionnalisation des molécules organiques chirales par l'agent de méthylation DMF-DMA afin de séparer les énantiomères et de les étudier *in situ* en CPG-SM lors des futures missions martiennes.**

Cette méthode d'analyse est constituée d'un four réactionnel dans lequel l'échantillon solide est placé, les molécules d'intérêt exobiologique en sont successivement extraites puis fonctionnalisées au DMF-DMA pour être analysées et quantifiées en CPG-SM. Les résultats sont prometteurs puisqu' à partir d'une faible quantité de sols d'analogues martiens (0,2 g de sol d'Atacama) et après optimisation de chacune des étapes, plusieurs types de molécules organiques ont pu être détectées, tels que des acides aminés, des acides carboxyliques et des bases nucléiques. Parmi ces molécules chirales, plusieurs ont pu être séparées selon leur forme énantiomérique. Le protocole est élaboré dans les limites technologiques et opératoires d'une analyse spatiale ; chaque étape est pensée pour un usage robotisé. Ainsi, nous avons développé une expérience globale, sensible et robuste, totalement compatible avec les exigences d'une analyse *in situ*. C'est la raison pour laquelle cette expérience sera intégrée sur la prochaine mission martienne Exomars 2016/2018 afin de rechercher des traces de matière organique à la surface et en sub-surface de Mars. La découverte d'un excès énantiomérique, voire d'une homochiralité, apporterait des indices forts quant à la présence d'une vie passée ou présente sur la planète rouge.

Détection de molécules organiques avec COSIMA : le cas du polyoxyméthylène

L. Le Roy¹⁻², H. Cottin², N. Fray², C. Briois¹, L. Thirkell¹, G. Poulet¹ and M. Hilchenbach³.

¹LPC2E, 3 Av. de la Recherche, 45071 Orléans Cedex, France; ²LISA Univ. Paris 12 & Paris 7, 61 Ave. Gal de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France ; ³MPS, Max-Planck-Str. 2, 37191 Katlenburg-Lindau, Germany

Email : lena.leroy@lisa.univ-paris12.fr

La mission Rosetta, lancée par l'ESA en mars 2004, a pour objectif l'étude exhaustive de la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko (*Glassmeier et al, 2007*). Une vingtaine d'expériences sont embarquées à bord de la sonde, dont COSIMA un spectromètre de masse d'ions secondaires à temps de vol (TOF-SIMS). Son but est de déterminer la composition moléculaire, élémentaire et isotopique des grains cométaires qu'il va collecter (*Kissel et al, 2007*).

Le Polyoxyméthylène (POM : $-(\text{CH}_2\text{-O})_n-$) est un des composés clé à rechercher avec COSIMA. En effet, il a été proposé pour expliquer le profil de densité du formaldéhyde dans la coma de certaines comètes. Le formaldéhyde présente une source distribuée, c'est-à-dire que son taux de production ne peut être interpréter par son unique sublimation des glaces du noyau. La dégradation thermique du POM, sous forme solide dans les grains éjectés du noyau, est un scénario qui permet d'ajuster les observations et le modèle de chimie du formaldéhyde dans la coma (*Cottin et al, 2004; Fray et al, 2006*).

Néanmoins le POM n'a jamais été détecté dans les comètes. En effet, la spectroscopie du visible et de l'infrarouge ne permettent pas sa détection du fait des interférences causées par les silicates à 10 μm (*Vanysek & Wickramasinghe, 1975*). Cependant il est synthétisé durant la photolyse UV et le traitement thermique d'analogues de glaces cométaires ou interstellaires (*Bernstein et al., 1995; Shutte et al., 1993a, 1993b*). Il est donc fort probable que du POM soit présent dans les grains cométaires que COSIMA analysera. Sa présence sur ceux-ci reste néanmoins toujours à confirmer.

Dans ce poster, nous discuterons de la capacité de COSIMA à détecter du polyoxyméthylène. Pour cela, nous avons mesuré le spectre de masse du POM en utilisant un instrument analogue de COSIMA. Puis, nous avons modélisé son temps de vie sur les grains cométaires collectés. En effet, le POM est un composé thermiquement instable : lorsqu'il est chauffé, il se dégrade et produit du formaldéhyde. Les grains cométaires, que COSIMA analysera, vont être collectés et conservés sur des cibles métalliques dont la température peut être comprise entre -20°C et 60°C . Pour avoir des chances de détecter du POM potentiellement présent dans les grains de la comète 67P/ Churyumov-Gerasimenko, le temps de stockage des cibles entre le moment de la collecte de grains et l'analyse doit donc être compatible avec l'analyse du POM.

Si le POM a été importé sur la Terre primitive via les comètes, il a pu jouer un rôle important dans la synthèse des sucres, car il s'agit d'une source de formaldéhyde très concentré.

Références : Glassmeier, K.-H. et al. (2007). *Space Science Reviews* **128**: 1-21; Kissel, J. et al. (2007). *Space Science Reviews* **128**: 823-867; Cottin, H. et al. (2004). *Icarus* **167**(2): 397-416; Fray, N. et al. (2006). *Icarus* **184**(1): 239-254; Vanysek, V. and Wickramasinghe, N.C. (1975). *Astrophysics and Space Science* **33**: L19-L28; Bernstein, M. P., S. A. Sandford, et al. (1995). *Astrophysical Journal* **454**: 327; Schutte W. A. et al. (1993a) *Icarus* **104**, 118-137 ; Schutte W. A. et al. (1993b) *Science* **259**,1143-1145.

V.U.V. irradiation of interstellar ice analogs: analysis of organic residues via laser desorption Time Of Flight Mass Spectrometry

P. de Marcellus¹, J. Bénit¹, D. Baklouti¹, J. Depauw², S. Della-Negra², L. d'Hendecourt¹

¹ « Astrochimie et Origines », Institut d'Astrophysique Spatiale, Orsay, France.

² « Interaction Particule-Surface », Institut de Physique Nucléaire d'Orsay, Orsay, France

* Pierre.demarcellus@ias.u-psud.fr

The study of astrophysical chemistry is an important task to understand the evolution of organic matter in the interstellar medium (ISM) and notably evolution pathways from abiotic to prebiotic chemistry during the process of planetary formation. In the dense interstellar medium, the major part of light elements (O, C, N) is adsorbed on interstellar grains in the form of observed “dirty ices”, whose infrared spectra are routinely recorded using dedicated satellites or ground based telescopes. Infrared vibrational spectroscopy provides the unique way to interpret astronomical data and deduce the interstellar ices chemical composition and abundances (H₂O, CO, NH₃, CH₄...). Such ice mixtures can be reproduced in the laboratory using classical method of “matrix isolation”.

In space, many energetic processes occur that are able to induce, on the thin ice layers (0.1 to 1 μm), out of equilibrium solid state chemistry leading to a progressive build-up of more complex molecules such as CO₂, CH₃OH, H₂CO, HCOOH, NH₂CHO, NH₂CONH₂... However, IR spectroscopy alone is of limited value to detect minor and more complex species and laboratory simulations are then used to follow this chemistry.

In these experiments, thin layers of ice analogs are deposited onto a cold substrate (10 to 77 K) and submitted to a powerful UV source (Ly + continuum), simulating energetic processing of IS grains during their lifetime. Subsequent warm-up at room temperature (300 K) always lead to the formation of “complex” and semi-refractory residues whose IR spectra show signatures of various chemical functions (carboxylic acids, amines, amides, alcohols, esters...). These residues are almost entirely soluble in water but constitute a very complex and functionalized kind of polymeric material whose degradation can lead to formation of prebiotic species such as amino-acids.

Indeed, these amino-acids have been detected in acid-hydrolysed residues, using GC-MS techniques. The same techniques used on meteorites, lead also to the detection of such prebiotic material. However, since the chemical treatment is quite specific, it is difficult to assess the validity of it for a true prebiotic chemistry that has necessarily taken place on the surface of the primitive Earth.

We have thus decided to use complementary techniques to understand the primary nature of these residues. Ideal for this approach is the possibility to desorb species from the sample, using laser or energetic ions followed by Time of Flight Mass Spectrometry.

The positive and negative secondary ionic emission has been studied with a T.o.F Mass Spectrometer associated to a 64 anode detector which allows high counting rate measurements. Those are performed at the level of single impacts. The same samples are bombarded by Nitrogen UV laser and pulsed SF₅ ion beams delivered by ECR ion source.

We present here preliminary results of this approach.

The figure 1 present the comparison between the UV Laser Desorption Mass Spectrometry from the residue of H₂O, CH₃OH, and NH₃, CO₂ ice irradiated by UV dissolved in methanol, methanol-HMT molecule solution deposited on stainless steel sample and stainless steel sample. The LDI spectrum of the residue is mainly HMT, probably fragments of methylated HMT.

The figure 2 shows the negative Secondary Ion (S.I.) ToF obtained from the same kind of residue dissolved in methanol. The Primary ions (PI) are 19 keV SF₅⁺. With cluster SIMS

analysis the HMT contribution is weak; there are a lot of other molecular ion peaks for which the attribution are in progress.

Although quite preliminary, these results show the complexity of the organic material produced in such experiments. Our first aim is to compare these simulation results with natural materials, organic matter extracted from meteorites to understand the origin of this matter and possibly relate it to the photo and thermal processing of interstellar ices. These may be precursors of cometary ices because of the strong similarity of their chemical composition. Our second motivation is a better understanding of the physical and chemical structure of this “polymer-like” residue so as to propose its complete study, using different analytical tools and to assess its prebiotic importance. Finally, since desorption techniques will be used in 2014 on the nucleus of a comet during the European ESA mission Rosetta, our experiments aim at helping the interpretation of a very complex set of data that will be hopefully collected by this totally original mission.

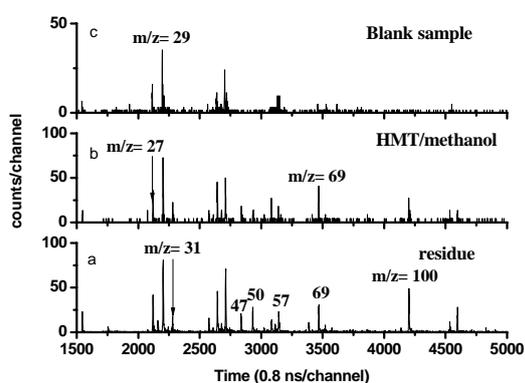


Figure 1: UV LDI Mass Spectra:

- from residue dissolved in methanol
- methanol-HMT solution
- blank, stainless steel sample

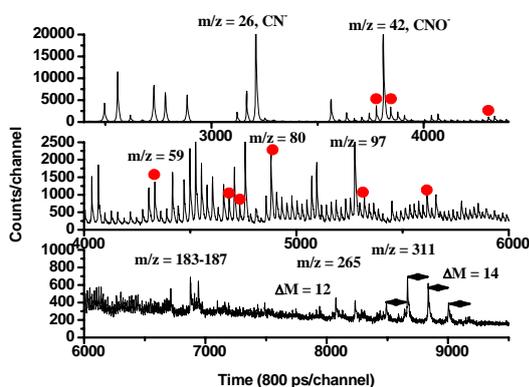


Figure 2: negative S.I. ToF from ice residue dissolved in methanol. The PIs are 19 keV SF₅. The red dots correspond to the characteristic HMT parent-like ion peaks.

References

- Belloche, A., Menten, K. M., Comito, C., Müller, H. S. P., Schilke, P., Ott, J., Thorwirth, S., Hieret, C., (2008) Detection of amino acetonitrile in Sgr B2(N), *Astron. Astrophys.*, 482:179-196.
- Bernstein, M. P., Dworkin, J. P., Sandford, S. A., Cooper, G. W., Allamandola, L. J., (2002) Racemic amino acids from the ultraviolet photolysis of interstellar ice analogues, *Nature*, 416:401-403.
- Brucato, J. R., Strazzulla, G., Baratta, G. A., Rotundi, A., Colangeli, L., (2006) Cryogenic synthesis of molecules of astrobiological interest: catalytic role of cosmic dust analogues, *Origins Life Evol. Biosphere*, 36:451-457.
- Elsila, J. E., Dworkin, J. P., Bernstein, M. P., Martin, M. P., Sandford, S. A., (2007) Mechanisms of amino acid formation in interstellar ice analogs, *Astrophys. J.*, 660:911-918.
- Hill, H. G. M., Nuth, J. A., (2003) The Catalytic Potential of Cosmic Dust: Implications for Prebiotic Chemistry in the Solar Nebula and Other Protoplanetary Systems, *Astrobiology*, 3:291-304.
- Muñoz-Caro, G. M., Meierhenrich, U. J., Schutte, W. A., Barbier, B., Arcones Segovia, A., Rosenbauer, H., Thiemann, W. H.-P., Brack, A., Greenberg, J. M., (2002) Amino acids from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogues, *Nature*, 416:403-406.
- Nuevo, M., Auger, G., Blanot, D., D'Hendecourt, L., (2008) A detailed analysis of the amino acids produced after the vacuum UV irradiation of ice analogs, *Origins Life Evol. Biosphere*, 38:37-56.

Stabilité de la matière organique à la surface/sous surface de Mars:
Caractérisation de l'impact des processus d'oxydation sur la matière organique
dans des conditions environnementales martiennes

Noblet A. ⁽¹⁾, Coll P. ⁽¹⁾, Szopa C. ⁽²⁾, Cottin H. ⁽¹⁾, and Stalport F. ⁽¹⁾⁽³⁾

⁽¹⁾ LISA, CNRS & Universités Paris Est et Paris Diderot, Créteil ; ⁽²⁾ LATMOS, Université Paris VI, Paris ; ⁽³⁾ NASA GSFC, Greenbelt, MD

Email : audrey.noblet@lisa.univ-paris12.fr

Dans le cadre de la recherche de traces de vie sur Mars, les futures missions d'exploration auront notamment pour objectif de détecter des molécules organiques à la surface/sous-surface de la planète. Afin de déterminer l'origine (exogène ou endogène, biotique ou abiotique) de ces molécules, il est indispensable de comprendre leur évolution dans les conditions environnementales de la surface de Mars. La surface de Mars est soumise à plusieurs processus pouvant conduire à l'évolution de la matière organique tel que le bombardement par des particules énergétiques, l'irradiation UV et l'oxydation par des espèces formées dans l'atmosphère ou dans le régolithe.

Nous développons l'expérience de laboratoire MOMIE (Martian Organics Material Irradiation and Evolution) qui permettra de déterminer le comportement de molécules organiques soumises aux conditions environnementales de la surface de Mars. Nous avons commencé par caractériser l'évolution de molécules organiques soumises à un rayonnement UV similaire à celui atteignant la surface de Mars, et nous étendons désormais cette étude aux processus d'oxydation.

Alors que le rayonnement UV atteignant la surface de Mars est documenté dans la littérature, les processus d'oxydation n'ont été que peu étudiés. De nombreux oxydants ont été proposés pour expliquer les résultats obtenus par les trois expériences « biologiques » de Viking et par des simulations en laboratoire. En résumé, ces oxydants seraient produits à la surface de Mars par des processus impliquant des interactions entre l'atmosphère, le rayonnement UV, les minéraux et la glace d'eau. L'objectif de MOMIE est de simuler ces interactions et d'étudier leurs impacts sur la matière organique afin de déterminer les processus d'oxydation les plus efficaces et les produits de dégradation. La première molécule étudiée est la glycine, et les résultats obtenus sont présentés dans cette communication.

Molécules interstellaires et chiralité : A la recherche d'un mécanisme d'enrichissement

J. Pilmé, G. Marloie, F. Pauzat, Y. Ellinger

Laboratoire de Chimie Théorique (LCT), Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, UMR-CNRS 7616

pilme@lct.jussieu.fr

A l'heure actuelle, même si aucune molécule chirale n'a été observée dans le milieu interstellaire (MIS), des précurseurs prébiotiques chiraux (acides aminés) ont été identifiés en excès énantiomérique dans certaines météorites (*Murchison*). Le scénario d'une origine exogène de la vie (Panspermie) apparaît donc comme une hypothèse envisageable.

Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés à la recherche d'un mécanisme de sélection homochirale capable de produire l'excès énantiomérique propre au vivant et qui soit viable dans les conditions interstellaires. Nous avons envisagé un mécanisme de sélection des énantiomères par adsorption/désorption sur des surfaces chirales. Nous présenterons les premiers résultats de cette étude théorique (méthodes de la chimie quantique) sur les cas tests d'énantiomères de petites molécules par adsorption sur des surfaces de quartz.