

## **Titre du projet : Emergence de la complexité moléculaire des objets du système solaire**

*Volet : AO4 Recherche*

*Porteur du projet : François-Régis Orthous-Daunay*

*Laboratoires impliqués : IPAG*

## **Bilan du projet pour l'année/la période**

### **Bilan d'activité**

L'ensemble du projet est conduit avec les concours indispensables de Laurène Flandinet (assistant ingénieur), Véronique Vuitton (chargé de recherche) et Roland Thissen (directeur de recherche).

La première phase du projet consistait à exploiter un échantillon exceptionnel de matière organique extraite de la météorite Murchison. Le financement accordé a permis de supporter certains coûts de fonctionnement inhérents aux expériences de spectrométrie de masse Orbitrap à l'IPAG. Une autre tâche était de tester quelques hypothèses sur les qualités métrologiques de l'instrument et l'amélioration des méthodes d'analyse. Ces mesures ont permis d'attester que les interprétations quantitatives des distributions moléculaires sont fiables et répétables. Les molécules solubles de la météorite de Murchison constituent un ensemble cohérent de plusieurs milliers d'éléments organisés les uns par rapport aux autres de façon remarquable. Elles sont globalement très riches en Hydrogène tout en montrant une variabilité très étendue du nombre de carbone (entre 7 et 35 atomes). Si le premier caractère est typique des zones d'hydrogénation telles que les surfaces de grains interstellaires des nuages moléculaires, la croissance du squelette carboné est d'avantage une signature des environnements catalytiques chauds tels que les enveloppes d'étoiles. Ces molécules sont potentiellement des sondes des processus encore inexpliqués à l'origine de la complexité prébiotique. L'examen approfondi des spectres de masse a révélé des distributions de longueur de chaînes aliphatiques parfaitement cohérentes avec des processus de génération d'arbres aléatoires. Ces mesures mettent en évidence l'existence et l'effet d'un mode de synthèse propre à ces composés extraterrestres et qui conduit à une réorganisation du graphe moléculaire. Les meilleurs candidats sont les rayonnements électroniques solaires, potentiellement synchrones de l'hydrogénation de longues molécules insaturées. La comparaison avec d'autres échantillons synthétiques produits dans des réacteurs à décharge et à plasma radiofréquence (coll. Sarah Horst (Johns Hopkins University, Baltimore, MD et Maïa Kuga, ETH Zürich) permet de confirmer les interprétations chimiques des spectres de masse.

Le financement du Labex a également permis d'acquérir une nouvelle source d'ions pour l'Orbitrap de l'IPAG. La qualification de cette source APPI (pour Atmospheric Pressure Photo Ionization) a fait l'objet d'un sujet de stage d'excellence financé par l'Université Joseph Fourier. L'accès à l'ionisation des molécules apolaires se fait au détriment d'un effet de fragmentation qui nécessitera une investigation approfondie.

Nous avons étendu aux météorites martiennes les techniques de spectrométrie de masse mises en œuvre pour comprendre l'origine des molécules présentes dans la météorite Murchison. Ce travail a fait l'objet d'un sujet de stage financé par le Centre National d'Etudes Spatiales en collaboration avec Pierre Beck (IPAG) et Brigitte Zanda (MNHN, Paris). Les résultats ont été présentés en conférence grâce au financement de la part du Labex. Un autre stage a été effectué en collaboration avec Lydie Bonal (IPAG) sur des séries de météorites ayant subi différentes intensité d'altération aqueuse sur leurs corps parents. Les résultats ont été présentés à la communauté à l'aide du financement Labex.

## Production scientifique

Actes de congrès :

- Orthous-Daunay, F.-R.; Flandinet, L.; Thissen, R.; Vuitton, V.; Bonal, L. ; *Effects of Aqueous Alteration on the Free Organic Matter in Several CR Chondrites by ESI-Orbitrap-MS* ; 78th Annual Meeting of the Meteoritical Society, held July 27-31, 2015 in Berkeley, California. LPI Contribution No. 1856, p.5306
- Orthous-Daunay, F. R.; Thissen, R.; Flandinet, L.; Néri, A.; Vuitton, V.; Beck, P. ; *Origin of the Soluble Organic Compounds from Martian Regolith Breccia NWA 7533 by Orbitrap Spectrometry* ; 77th Annual Meeting of the Meteoritical Society, held September 7-12, 2014 in Casablanca, Morocco. LPI Contribution No. 1800, id.5302

Rapports de stages :

- « Étude de la matière organique soluble d'origine extraterrestre par spectrométrie de masse à très haute résolution : le cas de NWA 7533 », Adrien Néri, L3 ENS Lyon (2014)
- « Analyse de la matière organique soluble de 4 chondrites CR par spectrométrie de masse à très haute résolution », Daphné Lemasquier, L3 ENS Lyon (2015)
- « Analyse par spectrométrie de masse d'analogues d'aérosols de la basse atmosphère de Titan », Valentin Rochas, L2 IUT1 Mesures Physiques Grenoble (2015)
- « Mise au point d'un étalon pour spectrométrie de masse à transformée de fourrier », Thomas Cauwel, L2 IUT1 Mesures Physiques Grenoble (2015)
- « Etude comparative de trois sources d'ionisation couplées l'instrument LTQ ORBITRAP – XL pour l'analyse d'analogues extraterrestres », Léon Escomel, L2 excellence (2015)

## Bilan financier succinct

|  |           |
|--|-----------|
| Financement sur appel d'offre volet Recherche                    | 14192€    |
| Dotation « nouvel entrant »                                      | 3000€     |
| Source APPI  | -10783€   |
| Mission 2014   | -2500€    |
| Mission 2015   | -2500€    |
| Fonctionnement (produits chimique et consommable de laboratoire) | -1409€    |
| <b>Total</b>   | <b>0€</b> |

**Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du Labex (2020)**