

# Développement de Colonnes de Chromatographie en Phase Gazeuse Chirales Basées sur la Technologie MEMS pour l'Exploration Spatiale.

Gabin Bergerot<sup>1</sup>

Pascal Cardinael<sup>1</sup>, Valérie Agasse<sup>1</sup>, Cyril Szopa<sup>2</sup>, Malak Bigourd<sup>2</sup>.

1 - SMS UR 3233, Université de Rouen, Normandie Université, 76000 Rouen, France

2 - LATMOS/IPSL, CNRS, UVSQ Université Paris-Saclay, Sorbonne Université.78280 Guyancourt, France

Contact : [gabin.bergerot@univ-rouen.fr](mailto:gabin.bergerot@univ-rouen.fr)

La GC est devenue depuis un outil incontournable pour caractériser les environnements extra-planétaires, utilisé dans de nombreuses missions spatiales, ces instruments n'ont cessé de s'améliorer tout en se miniaturisant. Par exemple, le GC-MS de l'instrument SAM (Sample Analysis at Mars) à bord de Curiosity est deux fois plus léger que celui de la sonde Cassini-Huygens, tout en intégrant six colonnes GC au lieu de trois. La miniaturisation des instruments permet de réduire les consommations énergétiques, que ce soit en termes de charge utile à lancer, de quantité de gaz à emporter ou encore de demande électrique pour chauffer les colonnes. Dans cette optique, des acteurs du secteur spatial se sont intéressés aux technologies MEMS (Microelectromechanical Systems) pour le développement d'instruments d'analyse miniaturisés sur puces de silicium, intégrant piège, colonne et détecteur [1] [2]. L'objectif est de proposer, dans les années à venir, un dispositif d'analyse plus compact et au moins aussi performant pour les prochaines missions spatiales.

L'élaboration de micro-colonne contenant des phases stationnaires apolaires étant aujourd'hui maîtrisée [3], nos travaux se sont concentrés sur l'élaboration de phases stationnaires chirales à base de dérivés de  $\beta$ -cyclodextrine, dont la polyvalence en fait des candidats de choix pour le domaine spatial [4]. Les premiers résultats obtenus se sont avérés très encourageants, avec la séparation d'énantiomères de nombreuses familles de molécules d'intérêt pour les applications spatiales (alcools, aromatiques, nitriles...). Une partie de nos travaux s'est concentrée sur les acides aminés, qui représentent des biomarqueurs d'une importance capitale dans la recherche de vie dans le système solaire [5]. L'analyse de mélanges racémiques d'acides aminés dérivatisés a permis de démontrer une sélectivité vis-à-vis de sept d'entre eux. Ces premières colonnes chirales miniaturisées présentent des performances comparables aux colonnes actuellement utilisées dans le domaine spatial [6], ce qui en fait le GC miniaturisé le plus avancé dans ce domaine.

- [1] R.C. Blase, M.J. Libardoni, G.P. Miller, K.E. Miller, C.M. Phillips-Lander, C.R. Glein, J.H. Waite, A. Ghosh, A. Venkatasubramanian, M.W. Li, A. Stephens, X. Fan, K. Kurabayashi, MEMS GC Column Performance for Analyzing Organics and Biological Molecules for Future Landed Planetary Missions, *Front. Astron. Space Sci.* 9 (2022). <https://doi.org/10.3389/fspas.2022.828103>.
- [2] M. Rizk-Bigourd, C. Szopa, D. Coscia, J.-P. Pineau, V. Guerrini, F. Ferreira, F. Bertrand, A. Philippart, A. Boco, G. Rioland, V. Peulon-Agasse, A. Buch, P. Cardinael, Development and Integration of an Ultraminiaturized Gas Chromatograph Prototype Based on Lab-on-a-Chip Microelectromechanical Systems for Space Exploration Missions, *ACS Earth Space Chem.* 8 (2024) 1745–1756. <https://doi.org/10.1021/acsearthspacechem.4c00111>.
- [3] A. Philippart, V. Peulon-Agasse, M. Rizk-Bigourd, A. Boco-Simon, G. Bergerot, G. Rioland, A. Buch, C. Szopa, P. Cardinael, Microchip gas chromatographic columns dedicated for space exploration: Stationary phase coating, setup optimization and evaluation of column performances, *Journal of Chromatography Open* 6 (2024) 100180. <https://doi.org/10.1016/j.jcoa.2024.100180>.
- [4] C. Freissinet, A. Buch, C. Szopa, R. Sternberg, Enantiomeric separation of volatile organics by gas chromatography for the in situ analysis of extraterrestrial materials: Kinetics and thermodynamics investigation of various chiral stationary phases, *Journal of Chromatography A* 1306 (2013) 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.07.058>.
- [5] M.C. Pietrogrande, G. Basaglia, Enantiomeric resolution of biomarkers in space analysis: Chemical derivatization and signal processing for gas chromatography–mass spectrometry analysis of chiral amino acids, *Journal of Chromatography A* 1217 (2010) 1126–1133. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.09.055>.
- [6] V. Moulay, C. Freissinet, M. Rizk-Bigourd, A. Buch, M. Ancelin, E. Couturier, C. Breton, M.G. Trainer, C. Szopa, Selection and Analytical Performances of the Dragonfly Mass Spectrometer Gas

Chromatographic Columns to Support the Search for Organic Molecules of Astrobiological Interest on Titan, *Astrobiology* 23 (2023) 213–229. <https://doi.org/10.1089/ast.2022.0038>.