

**Mesure du coefficient de Soret d'alcanes en apesanteur:
points saillants du projet SCCO et de son vol spatial**

**Measurement of the Soret Coefficient of Alkanes in Weightlessness:
highlights of the SCCO Project and its Space Flight**

Antonio Verga¹

**Guillaume Galliero², Henri Bataller², Jean-Patrick Bazile², Joseph Diaz², Fabrizio Croccolo^{2,3},
Hai Hoang², Romain Vermorel², Pierre-Arnaud Artola⁴, Bernard Rousseau⁴, Velisa Vesovic⁵, M.
Mounir Bou-Ali⁶, José M. Ortiz de Zárate⁷, Shenghua Xu⁸, Ke Zhang⁹, François Montel^{2,10},
Olivier Minster¹**

¹European Space Agency, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands / Agence Spatiale Européenne (ESA-ESTEC), Noordwijk, Pays-Bas, Antonio.Verga@esa.int

²Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs- IPRA, UMR-5150 CNRS-TOTAL, E2S - Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau, France.

³Centre National d'Études Spatiales (CNES) 2, Place Maurice Quentin, 75001 Paris, France.

⁴Laboratoire de Chimie-Physique, UMR 8000 CNRS, Université Paris-Sud, Orsay, France.

⁵Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London, London, United Kingdom.

⁶MGEP Mondragon GoiEskola Politeknikoa, Mechanical and Industrial Manufacturing Department, Mondragon, Spain.

⁷Departamento de Física Aplicada I. Universidad Complutense, Madrid, Spain.

⁸Key Laboratory of Microgravity, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Science, Beijing, China.

⁹State Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery (Research Institute of Petroleum Exploration & Development), CNPC, Beijing, China.

¹⁰TOTAL Exploration Production, Pau, France.

Abstract

The accurate knowledge of pre-exploitation fluid compositional profile is one of the necessary prerequisites for a successful field plan development of a petroleum reservoir by the oil and gas industry. Thermodiffusion, which leads to a partial diffusive separation of alkanes in a mixture subject to thermal gradient, is thought to play an important role in oil and gas reservoir due to the geothermal gradient. Although there has been major improvements in measuring, simulating and modelling thermodiffusion coefficients in the last decades, the improvements are mostly limited to binary liquid mixtures at atmospheric pressure. Thus, the need for accurate measurements that can serve as benchmark reference, was one of the main drivers behind the project "Soret Coefficient measurements of Crude Oil" (SCCO) which used an experimental set-up implemented in the SJ-10 satellite. This unique project, resulting from a partnership between European Space Agency and China's National Space Science Centre enhanced by collaboration among academics from France, Spain, United Kingdom, China and oil industries from France and China, aimed to measure the thermodiffusion coefficients of multicomponent oil and gas mixtures under high pressures. Those data would prove invaluable in validating models and simulations. Within this framework, some results on thermodiffusion of one ternary oil mixture and one quaternary gas condensate have been obtained in weightlessness and qualitatively compared with molecular simulations. More precisely, these microgravity results have confirmed that, in multicomponent mixtures of alkanes, thermodiffusion leads to a relative migration to the hot region of the lightest hydrocarbons. These results support the idea that, in oil and gas reservoirs, thermodiffusion is not negligible while tending to counteract the influence of gravity-driven segregation on the underground distribution of species.

Résumé

La connaissance précise du profil de composition des fluides avant l'exploitation est l'un des préalables indispensables à la réussite de la mise en place d'un plan de gestion du gisement de pétrole par l'industrie pétrolière et gazière. La thermodiffusion, qui conduit à une séparation par diffusion partielle des alcanes dans un mélange soumis à un gradient thermique, est censée jouer un rôle important dans les gisements de pétrole et de gaz en raison du gradient géothermique. Bien que la mesure, la simulation et la modélisation des coefficients de thermodiffusion aient considérablement progressé au cours des dernières décennies, ces améliorations se limitent essentiellement aux mélanges liquides binaires à la pression atmosphérique. Ainsi, le besoin de mesures précises que pouvant servir de référence, a été l'un des principaux moteurs du projet «Mesure du coefficient Sore dans le pétrole» (SCCO), qui utilise une configuration expérimentale mise en œuvre dans le satellite SJ-10. Ce projet unique, issu d'un partenariat entre l'Agence Spatiale Européenne et le Centre National des Sciences Spatiales Chinois, renforcé par une collaboration entre des universitaires français, espagnols, britanniques et chinois et des industries pétrolières françaises et chinoises, visait à mesurer les coefficients de thermodiffusion du pétrole multicomposant et mélanges de gaz sous haute pression. Ces données s'avèreraient très utiles pour la validation des modèles et des simulations. Dans ce cadre, certains résultats concernant la thermodiffusion d'un mélange d'huile ternaire et d'un condensat de gaz quaternaire ont été obtenus en apesanteur et comparés qualitativement aux simulations moléculaires. Plus précisément, ces résultats en microgravité ont confirmé que, dans les mélanges multicomposants d'alcanes, la thermodiffusion conduit à une migration relative vers la région chaude de l'hydrocarbure le plus légers. Ces résultats confortent l'idée selon laquelle, dans les gisements de pétrole et de gaz, la thermodiffusion n'est pas négligeable et tend à contrecarrer l'influence de la ségrégation liée à la gravité sur la répartition souterraine des espèces.