

Projets spatiaux

Projet CNES – CO2EX (sur vol parabolique)



Le projet CO2EX (CO2-EXperiment) prévoit une série d'expériences en vol parabolique qui visent à élucider les mécanismes qui génèrent la dissolution convective du CO₂ supercritique lorsqu'il entre en contact avec de l'eau salée. Nous allons étudier l'évolution des fluctuations de non-équilibre qui, sur terre, sont amplifiées par la gravité et génèrent la convection. L'absence de la gravité nous permettra de mieux comprendre leur évolution et développer les théories qui décrivent l'évolution du système sous l'effet de la gravité. Nous allons utiliser pour cela une cellule du type Flowing-Junction (FJ) qui permet de mettre deux fluides en contact en gardant l'interface entre les deux intacte, aussi longtemps que l'on souhaite, avant le démarrage de l'inter-diffusion entre les deux fluides. La cellule permet en même temps l'observation des fluides dans la direction perpendiculaire à l'interface. Par la technique de l'ombroscopie dynamique, les fluctuations de l'indice de réfraction, générées par des fluctuations de température et de concentration, seront enregistrées et analysées.

Mettre en contact deux fluides miscibles sans les mélanger est une tâche très compliquée. Néanmoins, cette tâche est beaucoup plus facile sur terre grâce à l'effet de flottabilité lié à la présence de la force de gravité. La gravité sépare naturellement les fluides de densité différente, mais en apesanteur cette tâche n'est pas aussi simple. Pour cela nous avons développé une cellule du type Flowing-Junction (FJ) qui permet de mettre deux fluides en contact en gardant l'interface entre les deux intacte même en conditions de microgravité, on l'espère ! Une première campagne de vol parabolique (VP154) doit servir à tester expérimentalement cette hypothèse et affiner la procédure de préparation de l'interface entre deux liquides. Pour cette campagne nous avons choisi de tester en effet deux liquides, notamment de l'eau pure contre un mélange d'eau et de glycérol à basse concentration. Des mesures de fluctuations de non-équilibre de la concentration pendant les 20 seconds de microgravité seront effectués afin d'obtenir une mesure des propriétés de transport de ce mélange.

Le principe de fonctionnement de la cellule Flowing-Junction a été publié dans le journal [Review of Scientific Instruments](#): F. Croccolo, D. Brogioli, and A. Vailati, Cylindrical flowing-junction cell for investigating miscible fluids, Rev. Sci. Instrum. **90**, 085109 (2019).

Projet ESA – NEUF-DIX ou Giant Fluctuations (sur l'ISS)



Le projet Giant Fluctuations - NEUF-DIX a terminé sa phase A/B en fin de 2019 et devrait voler en 2021 à bord de la station spatiale internationale (ISS), très probablement dans la Microgravity Science Glovebox (MSG) installé dans le module US Destiny.

Le but du projet Giant Fluctuations - NEUF-DIX est d'étudier les fluctuations de non-équilibre pendant la diffusion dans des liquides complets dans des conditions qui ne peuvent pas être abordées facilement par des modèles théoriques, tels que la diffusion transitoire, les échantillons concentrés et la présence des forts gradients. Le projet se concentre sur l'étude des fluctuations de non-équilibre des liquides complexes, en raison de la phénoménologie très riche qui peut être atteinte en ajustant les interactions dans de tels systèmes. Étant donné que la gravité atténuée les fluctuations de non-équilibre à grande longueur d'onde, afin d'exploiter pleinement le comportement *scale-free* des fluctuations, nous envisageons de réaliser des expériences dans des conditions de microgravité.

Le but du projet est de s'attaquer à plusieurs problèmes difficiles qui sont apparus au cours des dernières années, tels que :

1. comprendre les fluctuations de non-équilibre dans un mélange ternaire complexe comprenant un polymère,
2. comprendre les fluctuations de non-équilibre dans un mélange ternaire complexe incluant un polymère proche d'une transition vitreuse,
3. vérifier les prédictions théoriques des forces de type Casimir induites par des fluctuations de non-équilibre,
4. étudier les fluctuations lors de la diffusion transitoire,
5. mieux comprendre les fluctuations de non-équilibre en concentration dans les suspensions colloïdales, un problème strictement lié à la détection des forces de Casimir,
6. comprendre l'effet des fluctuations de non-équilibre dans l'agrégation des protéines biologiques. Nous envisageons en parallèle de ces expériences d'effectuer des simulations multi-échelles innovantes.

Pour plus d'information, merci de se référer à notre [papier](#) : P. Baaske, H. Bataller, M. Braibanti, M. Carpineti, R. Cerbino, F. Croccolo, A. Donev, W. Köhler, J. M. Ortiz de Zárate, and A. Vailati, *Eur. Phys. J. E* **39**, 119 2016 | 

Projet ESA – DCMIX4 (sur l'ISS)

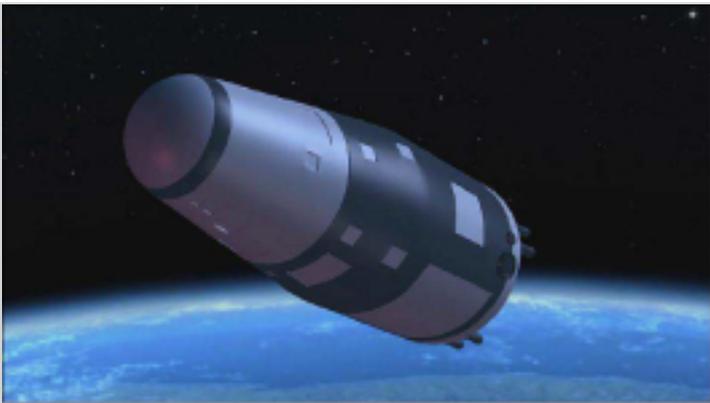


L'objectif du projet DCMIX (Diffusion Coefficients Measurements in ternary MIXtures) de l'ESA est d'étudier les processus de transport de masse dans les mélanges liquides multi-composants dans le but de développer de nouvelles connaissances dans le domaine. Plus précisément, l'objectif est d'étudier les systèmes ternaires à partir de techniques expérimentales, numériques et théoriques combinées.

Le projet DCMIX a volé 4 fois à bord de l'ISS entre 2011 et 2019. Plus précisément, notre équipe a été impliquée directement dans la campagne DCMIX4 qui comprenait deux échantillons contenant un polymère dissous dans du toluène (mélange binaire de référence) et dans un solvant binaire de cyclo-hexane et toluène (mélange ternaire). L'intérêt pour un tel mélange ternaire provient du fait que l'un des composants, le polymère, a un poids moléculaire assez différent des deux autres, conduisant ainsi à un coefficient de diffusion massique largement différent de celui du solvant binaire. Dans un mélange ternaire, cela correspond à deux valeurs propres de la matrice des coefficients de diffusion massique assez différentes, ce qui fait de ce mélange ternaire un modèle idéal pour étudier le comportement de diffusion et de thermodiffusion. En fait, dans ce cas, l'évolution des phénomènes de transport peut être facilement séparée en analysant leur évolution temporelle qui se déroule à des échelles de temps assez différentes.

L'expérience DCMIX4 s'est terminée début 2019 et est actuellement en cours d'analyse. Une première évaluation des données de télémétrie a été publiée : A. Mialdun, H. Bataller, M.M. Bou-Ali, M. Braibanti, F. Croccolo, A. Errarte, J.M.Ezquerro, J.J. Fernández, Y. Gaponenko, L. García-Fernández, J. Rodríguez et V. Shevtsova, Analyse préliminaire des mesures de coefficient de diffusion dans les mélanges ternaires 4 (DCMIX4) à bord de la Station spatiale internationale, *Eur. Phys. J.E* **42**, 87 (2019). 

Projet ESA-CMSA – SCCO-SJ10 (sur le satellite Chinois SJ10)



Le projet SCCO a débuté en 1999 avec un partenariat entre des universitaires et des industriels visant à étudier les coefficients de thermodiffusion de mélanges d'intérêt pétrolier dans des conditions de réservoir et en conditions de microgravité. Le premier vol a eu lieu en 2007 à bord du satellite russe FOTON M3. En 2008, un intérêt supplémentaire pour les mélanges riches en CO₂ à stocker en formation géologique est apparu, ce qui a conduit à un nouveau vol à bord du satellite chinois SJ10.

Du côté académique, l'intérêt principal est d'utiliser des expériences de microgravité pour fournir des données de référence sur la thermodiffusion de fluides à haute pression contenant plus de deux espèces; des mesures difficilement réalisables sur terre même si des progrès notables ont été réalisés récemment. Un ensemble de six cellules Soret, capables de résister jusqu'à 50 MPa et insérées dans une configuration pour des vols satellites, ont été utilisées pour le projet. Du côté industriel, l'intérêt principal réside dans le fait que dans les réservoirs de pétrole et de gaz, la thermodiffusion est l'un des processus nécessaires pour modéliser la distribution des espèces le long du gradient géothermique.

Les résultats de cette expérience ont été publiés dans le [journal Nature Microgravity](#): G. Galliero, H. Bataller, J.-P. Bazile, J. Diaz, F. Croccolo, H. Hoang, R. Vermorel, P.-A. Artola, B. Rousseau, V. Vesovic, M. Bou-Ali, J.M. Ortiz de Zárate, S. Xu, K. Zhang, F. Montel, A. Verga and O. Minster, [Thermodiffusion in multicomponent n-alkane mixtures, Nature Microgravity 3, 20 \(2017\)](#). 