

## Bourses européennes ERC 2022 : deux nouveaux lauréats de l'Université Lyon 1

Deux autres scientifiques de l'Université Claude Bernard Lyon 1 ont reçu l'une des prestigieuses bourses européennes du Conseil européen de la recherche (ERC), allouée sur cinq ans pour le développement de leur projet de recherche. Filippo Santambrogio de l'Institut Camille Jordan (Université Lyon 1, CNRS, Université Jean Monnet Saint-Étienne, École Centrale de Lyon, INSA Lyon) est lauréat de la bourse « Advanced grant » avec un budget de 2,18M€. Cathy Quantin-Nataf du Laboratoire de Géologie de Lyon (Université Lyon 1, ENS, CNRS, Université Jean Monnet Saint-Étienne) s'est vu attribuer la bourse « Consolidator Grant » avec un budget de 1,97 M€.

### Projet EYAWKAJKOS\* : Les flots de gradient dans l'espace de Wasserstein et leur discrétisation temporelle



*Avec Filippo Santambrogio, Professeur UCBL à l'Institut Camille Jordan (ICJ)*

Les flots de gradient sont la formalisation mathématique d'un système qui évolue vers une configuration d'énergie minimale, en sélectionnant à chaque instant la direction qui fait décroître cette énergie le plus rapidement possible.

L'exemple typique est l'équation  $x'(t) = -(\text{grad } f)(x(t))$ , qui choisit la direction opposée au vecteur gradient d'une fonction  $f$ . Cette

équation peut être discrétisée en temps en cherchant au lieu d'une courbe  $x(t)$  une suite de points, où le nouveau point  $y$  est choisi à partir du point précédent  $x$  en minimisant  $f(y) + |y-x|^2/(2\tau)$ , le paramètre  $\tau$  représentant le pas de temps entre une étape et l'autre. De cette manière, l'équation d'évolution se transforme en une suite de problèmes d'optimisation. Quand les points  $x$  de notre équation sont des distributions de masse (par exemple la densité d'une population dans une région donnée) et que la distance entre ces points est mesurée à l'aide du transport optimal (distance de Wasserstein), cette discrétisation prend le nom de schéma JKO, du nom des mathématiciens qui l'ont introduite il y a 20 ans, Jordan, Kohn et Otto. Des nombreuses équations d'évolution, dont l'équation de la chaleur qui régit l'évolution de la température dans une pièce, peuvent être étudiées ainsi.

Il est connu que l'entropie est monotone le long du flot de la chaleur : en est-il de même le long des itérations du schéma JKO correspondant ? Le but du projet EYAWKAJKOS est d'étudier un certain nombre de propriétés de ce schéma, et en particulier l'évolution temporelle de certaines quantités (entropie, bornes sur la densité...) en établissant des inégalités qui reproduisent exactement ce qui est prévu dans le cas de

l'équation continue. Cela confirme la fiabilité du schéma comme moyen d'approximation. Aussi, les techniques développées dans le cas d'équations bien connues (comme pour la chaleur) pourraient ensuite être appliquées à d'autres équations moins faciles, et ce tant d'un point de vue théorique (prouver l'existence d'une solution et déterminer son comportement asymptotique) que numérique (approcher la solution grâce à une discrétisation spatiale du schéma JKO). Parmi les équations nouvelles à étudier de telle sorte, celles qui régissent l'évolution de populations soumises à des contraintes de densité maximale, comme on l'observe dans le cas des foules, et les systèmes de plusieurs populations ayant des buts différents. Pour mener à bien ce projet en mathématiques, Filippo Santambrogio sera entouré de trois chercheurs permanents lyonnais, Aymeric Baradat, CR CNRS en mathématiques à l'ICJ, Nicolas Bonneel, CR CNRS en informatique au LIRIS, et Ivan Gentil, professeur des universités de l'UCBL, à l'ICJ aussi.

*\*Everything You Always Wanted to Know About the JKO Scheme*

## Projet OCEANID : à la recherche de l'océan martien



*Avec Cathy Quantin-Nataf, Professeur UCBL au Laboratoire de Géologie de Lyon : Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE)*

La vie est-elle unique à notre Planète ? Telle est la grande question qui motive l'exploration de la planète Mars. L'eau liquide est indispensable au développement de la vie qui est apparue sur terre il y a plus de 3.5 milliards très probablement dans les océans primitifs de notre planète. Les missions d'exploration

martiennes ont révélé ces dernières décennies (cf [résultats de l'ERC starting Grant e-Mars](#)) que Mars regorgeait de preuves d'un système hydrologique ancien favorable à l'émergence de la vie. Si tel est le cas, il y a tout lieu de penser que Mars a accueilli un océan hémisphérique couvrant les basses terres du nord. Cette hypothèse est aussi ancienne que l'exploration de Mars, mais a été mise à mal au cours des deux dernières décennies faute de preuves. La question de l'océan martien primitif reste l'un des problèmes les plus controversés et non résolus de l'analyse de la planète Mars.

Des découvertes récentes ré-ouvrent cette question montrant que si activité océanique il y a eu, elle est peut-être plus ancienne qu'on ne le pensait avec des dépôts qui ont été enfouis sous des roches plus jeunes mais qui sont aujourd'hui en cours d'exhumation (mis à l'affleurement par l'érosion). Aussi deux rovers (Mars2020/NASA arrivé en 2021 et ExoMars/ESA-Roskosmos qui sera lancé en 2028) ont des sites d'atterrissage dans des terrains les plus anciens jamais explorés sur Mars, présentant des sédiments potentiellement liés à un système océanique global.

Pour clore le débat, l'identification de dépôts de même âge, de même composition avec une répartition globale en accord avec un éventuel niveau océanique est nécessaire. Mais de tels indices sont des observations à petite échelle résolues uniquement par un ensemble de données orbitales à haute résolution

(> 10 To de données) ou par une exploration in situ restreignant le lien direct avec le contexte global. Oceanid propose de relever ce défi en étudiant à différentes échelles : globale, mésoéchelle et microéchelle en utilisant des jeux de données complémentaires (données satellitaires, données des rovers explorateurs et données expérimentales). Oceanid s'appuiera également sur une méthodologie innovante de fouille de données orbitales : reconnaissance d'objets géologiques par intelligence artificielle, modèles d'évolution d'érosion/dépôt, imagerie du sous-sol par technique radar...

Les objectifs d'Oceanid sont de décrire les plus anciens dépôts sédimentaires martiens accumulés sous les niveaux océaniques possibles, d'établir une chronologie à petite échelle des événements primitifs et de contextualiser les missions Mars2020 et ExoMars au sein du système hydrologique global primitif.

*Les bourses ERC pour European Research Council, ou Conseil Européen de la Recherche, en français, encouragent la recherche de très haute qualité via un financement important, en particulier les recherches exploratoires dans toutes les disciplines sur la base de l'excellence scientifique. Elles sont attribuées à une chercheuse ou un chercheur individuellement, pour lui permettre de développer son travail à l'endroit et avec l'équipe de son choix.*

© photos : Eric Le Roux / Direction de la communication Université Lyon 1

## Contact presse

Béatrice DIAS

Directrice de la communication

33 (0)4 72 44 79 98

33 (0)6 76 21 00 92

[beatrice.dias@univ-lyon1.fr](mailto:beatrice.dias@univ-lyon1.fr)