

**Conférence le mardi 28 mai 2019 à 14h – Salle de conférences d'XLIM**

## **De la pomme de Newton aux courants de gravité : un ticket gratuit vers les étoiles ?**

**Emmanuel Trélat**

Professeur à Sorbonne Université

Directeur de la Fondation Sciences Mathématiques de Paris

Que de temps passé entre la fameuse histoire de la pomme de Newton et les projets de missions spatiales ! Isaac Newton publie en 1687 ses *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, oeuvre majeure dans l'histoire des sciences qui fonde la mécanique classique, notamment la théorie de la gravitation universelle, et jette les bases du calcul infinitésimal. Ses postulats et sa théorie mathématique expliquent enfin le mouvement des planètes prédit par Kepler.

Un siècle plus tard, Lagrange découvre que les équations dynamiques de Newton dans le problème des trois corps restreint possèdent cinq points d'équilibre : les points de Lagrange. Il y a quelques dizaines d'années on découvre, grâce aux travaux de Lyapunov et de Poincaré et à des théories mathématiques récentes, que le champ gravitationnel possède autour de ces points des propriétés remarquables qui les rendent très intéressantes pour les agences spatiales : notre système solaire est traversé par des courants de gravité passant par les points de Lagrange, permettant d'envisager des missions spatiales quasi-gratuites en termes de consommation, non seulement vers la Lune mais aussi vers d'autres planètes. La pomme de Newton était-elle un ticket gratuit vers les étoiles ?

La compréhension des lois de Newton a permis de poser dans un cadre mathématique le célèbre problème des  $N$  corps, qui consiste à résoudre les équations régissant le mouvement de  $N$  planètes en interaction gravitationnelle. C'est un problème fondamental en mathématiques et en astronomie que Newton a cherché à résoudre sans succès lorsque  $N=3$ . Un siècle plus tard, à la suite d'Euler, Lagrange étudie le problème des trois corps restreint, pour lequel deux corps sont très massifs (par exemple, le Soleil et la Terre) et le troisième est de masse négligeable par rapport aux deux autres (par exemple un engin spatial) : il trouve cinq points d'équilibre, qu'on appelle désormais les points de Lagrange. En utilisant des théorèmes de Lyapunov et de Poincaré, et des outils de « systèmes dynamiques » développés dans les années 1960, on a récemment découvert que ces points ont des propriétés remarquables qui s'avèrent utiles pour l'observation et l'élaboration de missions spatiales. Les points de Lagrange sont d'excellents points d'observation (mission SOHO vers L1, ou James Webb Space Telescope qui succédera à Hubble au point L2) et de remarquables sites pour relayer les transmissions : ils sont donc déjà utilisés par les agences spatiales depuis une trentaine d'années. Ce que les mathématiques ont permis de découvrir, ce sont des propriétés insoupçonnées du champ gravitationnel : il existe autour de chaque point de Lagrange des trajectoires au voisinage desquelles un objet spatial peut se maintenir avec une très faible consommation d'énergie. De plus ces orbites engendrent des "courants de gravité" qui sont similaires à des courants marins : on peut donc en profiter pour se déplacer, certes de manière lente, mais totalement gratuite et parfaitement calculable, donc prédictible. La cartographie des courants de gravité permet alors d'envisager des missions spatiales interplanétaires (robotisées, car lentes) avec une très faible consommation d'énergie. En attendant de partir loin vers les étoiles, les agences spatiales planifient actuellement des missions cargo vers la Lune en utilisant ces courants de gravité, dans le but de construire une base lunaire, point intermédiaire en vue de missions vers Mars.