

LE PAPILLON COSMIQUE

En 1989, l'astronome français Jacques Laskar mettait en évidence une dynamique chaotique inattendue dans le mouvement des planètes du système solaire, faisant ainsi voler en éclats les thèses alors en vigueur dans la communauté scientifique internationale.

Cet été, dans une lettre publiée le 14 juillet dernier dans la revue *Astronomy & Astrophysics*, il parachève son coup d'éclat, montrant qu'un chaos encore plus brutal que prévu se cache là où on ne l'attendait pas : dans deux astéroïdes nommés Ceres et Vesta, en orbite entre Mars et Jupiter.

Les découvertes de Laskar s'inscrivent dans une très ancienne quête. Jusqu'au dix-septième siècle, on pensait toujours au monde céleste comme à une belle horlogerie immuable. Mais en 1665, quand Newton invente la physique moderne et met le système solaire en équations, il découvre que rien dans ces équations n'interdit des déviations de grande ampleur, voire des collisions cataclysmiques entre planètes ! Pour préserver l'idée d'un mouvement éternel, Newton superpose une intervention divine à ses équations mathématiques, suscitant une violente controverse avec Leibniz.

Le débat philosophique n'eut qu'un temps, mais l'étude mathématique des équations de Newton allait résister pendant plusieurs siècles. Elle mobilisa les talents de certains des plus grands mathématiciens de tous les temps : Lagrange, Laplace, Gauss, Poincaré, Kolmogorov. Au dix-huitième siècle, grâce à Lagrange et Laplace on pouvait prédire (sans intervention divine !) les positions des planètes sur plusieurs millions d'années, et l'on avait foi en la stabilité du système solaire. Au dix-neuvième siècle Poincaré découvrait la théorie du chaos, et l'on se remettait à croire en l'instabilité. Au vingtième, Kolmogorov, mariant la mécanique classique avec les probabilités dans une théorie d'une profondeur stupéfiante, plaidait quant à lui pour un système solaire *probablement* stable. Cette bataille de grands esprits, s'étendant sur plusieurs siècles, nous valut quelques-unes des plus belles pages de l'histoire de la mécanique.

Mais Laskar n'avait pas seulement pour lui son esprit : il disposait aussi de puissants ordinateurs, capables, au prix de mille astuces de programmation, de chercher la solution des équations de Newton sur des durées impensables de plusieurs centaines de millions d'années ! Il découvrit alors avec stupéfaction que le système solaire, si régulier qu'il paraisse, est la proie d'un comportement souvent erratique et imprévisible qui aurait réjouï Poincaré.

Les dernières conclusions de Laskar dévoilent en outre le rôle délétère de Ceres et Vesta, dont les trajectoires, souvent prêtes de se frôler, sont imprévisibles à un horizon de "seulement" 400 000 ans. Ces corpuscules, qui à eux deux représentent seulement un *demi-milliardième* de la masse du système solaire, parviennent à entraîner une instabilité systématique, et encore plus forte que l'on ne l'imaginait, sur les trajectoires des planètes. Avec Ceres et Vesta, le système solaire a son effet papillon : que l'on pousse Ceres d'un ou deux centimètres dans la direction de Vesta, et la trajectoire de la Terre en sera profondément modifiée en moins de 60 millions d'années ! Nulle prédiction possible au-delà de cet horizon, assure Laskar, même avec les plus puissants ordinateurs du monde, ou ceux que l'on inventera dans un siècle. Les paléontologues ne sauront peut-être jamais quelle était l'orbite de la Terre quand les dinosaures couraient à sa surface...

Cédric Villani, Professeur de l'Université de Lyon, Directeur de l'Institut Henri Poincaré (CNRS/UPMC)
— Carte blanche du supplément *Sciences & Technologie* du Monde, 23 septembre 2011