



COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL | GRENOBLE | 14 NOVEMBRE 2014

La turbulence, un ingrédient amplificateur du champ magnétique terrestre

La turbulence, ensemble de mouvements aléatoires qui animent le métal en fusion du noyau terrestre, contribuerait au champ magnétique de notre planète, comme viennent de le démontrer des chercheurs de l'Institut des sciences de la Terre (CNRS/Université Joseph Fourier Grenoble 1/IRD/Université de Savoie/IFSTTAR). Pour parvenir à ce résultat, ils ont modélisé le noyau externe de la Terre par du sodium liquide confiné entre deux sphères de métal concentriques et en rotation – un dispositif baptisé Derviche Tourneur Sodium¹ (DTS). Leurs résultats viennent d'être publiés dans la revue *Physical Review Letters*.

Comme de nombreuses planètes et la plupart des étoiles, la Terre produit son propre champ magnétique par effet dynamo, c'est-à-dire grâce aux mouvements d'un fluide conducteur d'électricité – en l'occurrence, un mélange de fer et de nickel fondus. Cet océan de métal liquide, le noyau externe, entoure une graine de métal solide (ou noyau interne). Il est mis en mouvement par la convection que provoque le refroidissement du noyau. L'écoulement qui en résulte est particulièrement complexe ; aux déplacements du fluide sur de grandes distances, bien compris et générateurs du champ magnétique, viennent s'ajouter des mouvements désordonnés, aléatoires, sur de courtes distances, les fluctuations turbulentes. Si la turbulence existe aussi dans l'atmosphère et dans l'océan, celle du noyau terrestre se distingue, car elle est sous la double influence de la rotation terrestre et d'un fort champ magnétique. Cette turbulence particulière, ni les expériences en laboratoire, ni les simulations informatiques² ne sont aujourd'hui capables de la reproduire. Jusqu'à maintenant il était donc impossible pour les géophysiciens de déterminer son rôle vis-à-vis du champ magnétique.

Afin de mieux comprendre les interactions entre turbulence et champ magnétique, des chercheurs de l'Institut des sciences de la Terre, à Grenoble, ont utilisé l'expérience « Derviche Tourneur Sodium », démarrée en 2005. Dans ce modèle de noyau terrestre miniature, 40 litres de sodium liquide (un fluide conducteur d'électricité) sont contenus dans l'espace séparant deux sphères concentriques. L'originalité de ce modèle réside dans le fait qu'un aimant au centre de la sphère interne fournit un fort champ magnétique et que la rotation de cette graine entraîne très efficacement le liquide conducteur. Dans ces conditions, le sodium liquide est soumis à un champ magnétique élevé et à une forte rotation, comme on l'attend dans le noyau terrestre, et animé à la fois de mouvements de grande échelle et de fluctuations aléatoires.

Des capteurs répartis sur la sphère externe et à l'intérieur du sodium ont permis de cartographier le champ magnétique, tandis que des faisceaux d'ultrasons mesuraient, par effet Doppler, la vitesse d'écoulement du fluide. Grâce à ces données, les chercheurs ont démontré que les mouvements turbulents augmentent



www.cnrs.fr



la capacité du fluide à conduire l'électricité, et donc amplifient le champ magnétique, loin de l'atténuer comme avaient suggéré de précédentes expériences. Ce phénomène, observé pour la première fois en laboratoire, a été confirmé par des simulations numériques.

Ces résultats s'appliquent aussi aux planètes qui ont un champ magnétique et aux étoiles. La découverte de ce nouvel ingrédient du champ magnétique permettra peut-être d'expliquer pourquoi dans le cas de Vénus, planète « jumelle » de la Terre, le noyau métallique liquide ne produit pas de champ magnétique. Plus près de nous, mieux connaître ces fluctuations turbulentes pourrait aider à comprendre les inversions du champ magnétique.

(1) en référence aux membres de l'ordre soufi, les derviches tourneurs qui dansent en tournant sur eux-mêmes.

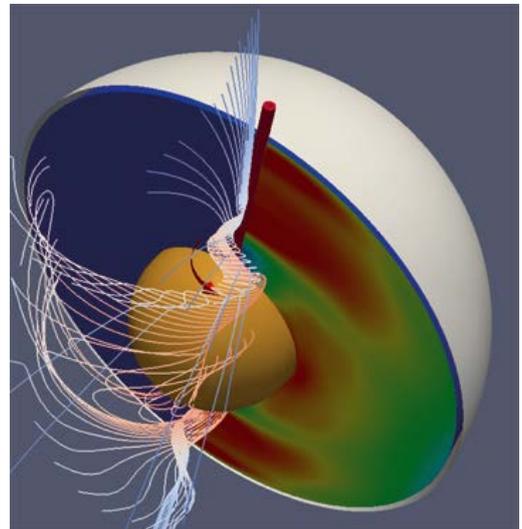
(2) une simulation numérique complète des mouvements qui animent le noyau externe demanderait de couvrir une large gamme d'échelles avec un très petit pas temporel, ce qui est inaccessible avec les moyens actuels.

Illustrations



Image du dispositif « Derviche Tourneur Sodium ». La sphère externe en acier inox (au centre de l'image) renferme une sphère interne (ou graine) en cuivre, plus petite. Entre les deux se trouvent 40 litres de sodium liquide. Le rapport des rayons des deux sphères est identique à celui entre la graine et la limite noyau-manteau de la Terre. Le sodium représente donc par analogie le noyau fluide.

© CNRS Photothèque - PERRIN Emmanuel



Représentation des lignes de champ magnétique (lignes fines) et de la vitesse angulaire du fluide (codée en couleurs), dans l'expérience DTS.

© Henri-Claude Nataf - logiciel paraview

Ces images sont disponibles à la photothèque du CNRS, phototheque@cnrs.fr



www.cnrs.fr



Bibliographie

Turbulence reduces magnetic diffusivity in a liquid sodium experiment, Simon Cabanes, Nathanaël Schaeffer et Henri-Claude Nataf. *Physical Review Letters*, 113, 184501, en ligne le 28 octobre 2014.
<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.184501>

Contacts

Chercheur CNRS | Henri-Claude Nataf | T 04 76 63 51 77 | henri-claude.nataf@ujf-grenoble.fr
Service communication CNRS Alpes | Celine FIGUEIREDO
T. 04 76 88 10 62 | celine.figueiredo@dr11.cnrs.fr