

La dynamique rapide dans le noyau externe de la Terre vue au travers des observations satellitaires

Olivier BARROIS

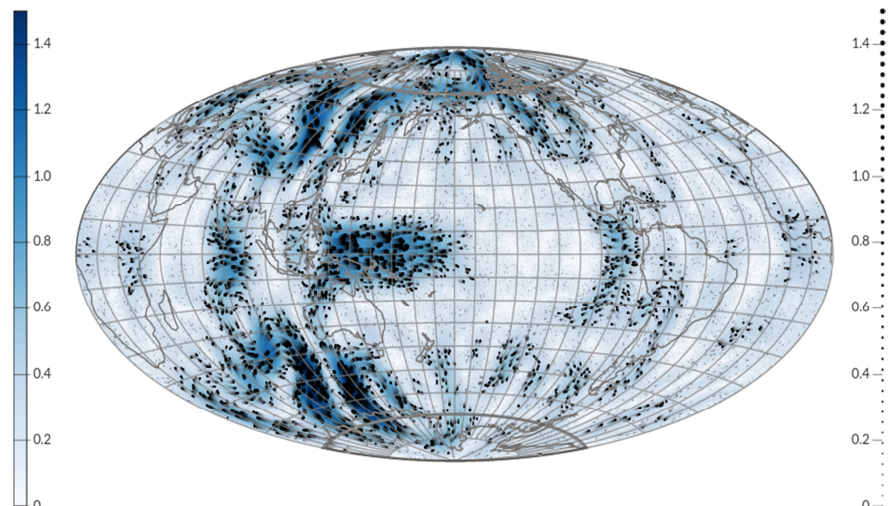
Laboratoire : ISTERre
Directeur de thèse : Nicolas Gillet
Co-financeurs : CNES (50%)
École doctorale : TUE
Début / Soutenance : 1/10/2014 - 12/10/2017
Formation : Master Science de la Terre et Univers (ENS Lyon)
Poste actuel : Post-Doc DTU Copenhague



Résultats majeurs et illustrations

- méthodologie : premier outil d'assimilation apte à intégrer des données magnétiques modernes ; importance de considérer les erreurs sous-maille pour obtenir une image non-biaisée des fluctuations des écoulements à la surface du noyau-manteau
- géophysique : contribution de la diffusion aux variations temporelles du champ magnétique y compris à haute fréquence ; décalage vers l'Est de la branche méridienne du gyre dans le noyau, et naissance d'un jet équatorial vers l'Est sous le Pacific Ouest au cours des 15 dernières années (Figure 1).

Fig. 1 : Flow acceleration during the past 16 yr, inverted from satellite observations (Barrois et al, GJI, submitted). Colormap : acceleration norm (in km/yr^2), superimposed with tracer trajectories (black dots).



Résumé de la thèse

Ce travail vise à reconstituer le champ magnétique et les écoulements à surface du noyau, en combinant des contraintes spatiales issues de modélisations numériques directes avec une information temporelle provenant d'équations différentielles stochastiques. Cet objectif est réalisé via un algorithme d'assimilation de données à état augmenté, peu coûteux en temps de calcul et facilement modifiable. J'ai validé cet outil avec des expériences jumelles (montrant ainsi qu'il est indispensable de considérer les erreurs sous-maille) avant de l'appliquer à l'inversion des coefficients de Gauss d'un modèle géomagnétique. Je montre que la diffusion magnétique en surface porte un contenu à haute fréquence; sa contribution dominante se trouve sous l'Indonésie. J'ai ensuite étendu cette approche à l'inversion de données satellitaires des missions CHAMP et Swarm, et de mesures d'observatoires au sol. Ce travail amène à la production d'un modèle de champ magnétique et de champ de vitesse à la frontière noyau-manteau qui n'est pas classiquement régularisé, mais contraint par les écoulements à la surface du noyau. Ce modèle est globalement compatible aux modèles de référence tels CHAOS-6. Les écoulements obtenus attestent que la décroissance du dipole axial est majoritairement dirigée par l'advection, et confirment la présence d'un gyre anticyclonique excentré. Au cours des 15 dernières années, je trouve une dérive vers l'Est de la branche méridienne du gyre vers 90E, et la naissance un jet équatorial vers l'Est sous le Pacifique Ouest-équatorial.

Collaborations

- Julien Aubert (IPG Paris)
- Christopher Finlay, Magnus Hammer (DTU Copenhague)

Publications à comité de lecture

- Barrois, O., M. Hammer, C. C. Finlay, Y. Martin and N. Gillet, Assimilation of ground and satellite magnetic measurements : inference of core surface magnetic and velocity field changes, *Geophys. J. Int.* (submitted)
- Barrois, O., N. Gillet and J. Aubert, Contributions to the geomagnetic secular variation from a reanalysis of core surface dynamics, *Geophys. J. Int.*, 211 (1), 50-68 (2017)
- Gillet, N ; Barrois, O ; Finlay, CC ; Stochastic forecasting of the geomagnetic field from the COV-OBS.x1 geomagnetic field model, and candidate models for IGRF-12, *EARTH PLANETS AND SPACE* 67, 1-14 (2015)
- Thebault, E ; Finlay, CC ; Beggan, CD ; Alken, P ; Aubert, J ; Barrois, O ; Bertrand, F ; Bondar, T ; Boness, A ; Brocco, L ; Canet, E ; Chambodut, A ; Chulliat, A ; Coisson, P ; Civet, F ; Du, A ; Fournier, A ; Fratter, I ; Gillet, N ; Hamilton, B ; Hamoudi, M ; Hulot, G ; Jager, T ; Korte, M ; Kuang, W ; Lalanne, X ; Langlais, B ; Leger, JM ; Lesur, V ; Lowes, FJ ; Macmillan, S ; Manda, M ; Manoj, C ; Maus, S ; Olsen, N ; Petrov, V ; Ridley, V ; Rother, M ; Sabaka, TJ ; Saturnino, D ; Schachtschneider, R ; Sirol, O ; Tangborn, A ; Thomson, A ; Toffner-Clausen, L ; Vigneron, P ; Wardinski, I ; Zvereva, T ; International Geomagnetic Reference Field: the 12th generation, *EARTH PLANETS AND SPACE* 67 (2015)

Autres publications et présentations

- Barrois et al, Assimilation of geomagnetic data under realistic spatial and temporal core flow constraints, [meeting *Frontiers in planetary core dynamics*, Autrans, France, oral] (05/2017)
- Barrois et al, Assimilation of SWARM and CHAMP data under realistic spatial and temporal core flow constraints, [*EGU meeting*, Vienne, Autriche, oral] (04/2017)
- Barrois et al, Reanalysis of time-dependent flow in the Earth core using a stochastic Ensemble Kalman Filter [*Colloque National sur l'Assimilation de Données*, Grenoble, oral invité] (12/2016)
- Barrois et al, Stochastic Reanalysis of Transient Core Motions [*SEDI meeting*, Nantes, poster] (07/2016)
- Barrois et al, Assimilation of geomagnetic data and stochastic reanalysis of core motions [*26th IUGG General Assembly*, Prague, poster] (06/2015)

Valorisation

Site web de visualisation des écoulements à la surface du noyau (support IR CNES):

<https://geodyn.univ-grenoble-alpes.fr/>

Fig. 2 : visualization of core flows (tracers trajectories in black) on top of the radial magnetic field (colourscale) at the top of Earth's core. Snapshot in April 2016 from Swarm satellite observations.

