

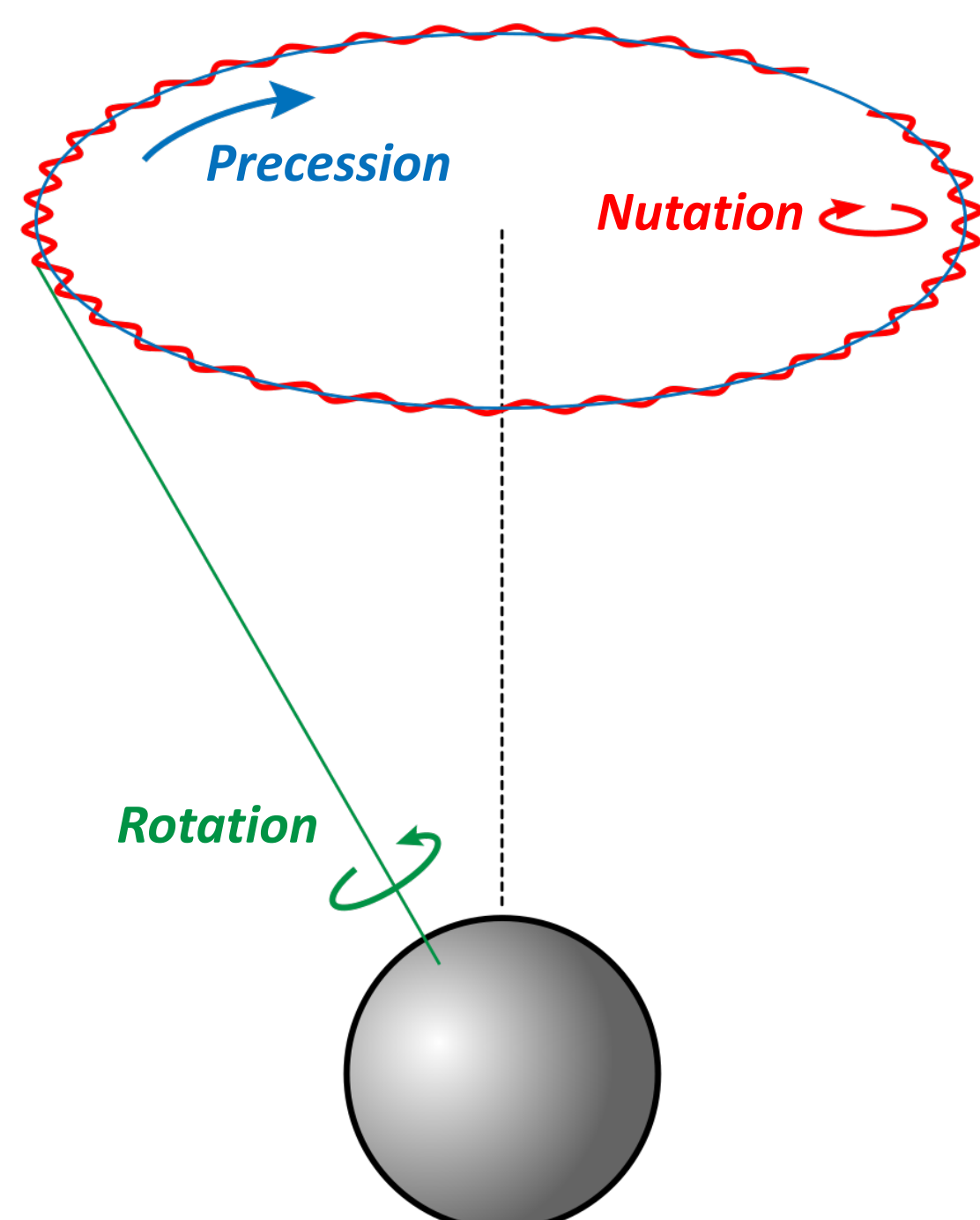
La Terre fait un tour sur elle-même en 23 heures 56 minutes. En observant les petites irrégularités de sa rotation, on peut en apprendre plus sur la structure et la dynamique internes de notre planète.

La Terre ne tourne pas si rond

Précession: déplacement lent de l'axe de rotation qui trace un cône en ~26000 ans.

Nutation: petites oscillations de l'axe de rotation superposées à la précession, l'oscillation principale a une période de ~19 ans.

Le pôle de rotation se déplace aussi par rapport au pôle nord géographique.



Précession et nutation. Precession en nutation.

Crédit/Bron: User Herbye (German Wikipedia); designed by Dr H. Sulzer (CC BY-SA 3.0).

Trouvez-vous vos journées trop courtes?

Ralentissement séculaire de la rotation: la dissipation de marée (principalement par frottement sur les fonds océaniques) allonge le jour de 2 millisecondes par siècle tout en éloignant la Lune de 4 centimètres par an.

Des fluctuations de longueur du jour s'y superposent, certaines corrélées à des fluctuations du champ magnétique terrestre.

Ne perdons pas le nord

Un réseau d'antennes VLBI (Very Long Baseline Interferometry) permet de suivre continuellement et précisément l'orientation de la surface terrestre par rapport à un catalogue de quasars, qui servent de phares célestes de par leur éloignement à nous.

Sous les pavés... tout un appareillage!

La rotation de la surface terrestre reflète la nature et l'intensité des mécanismes de couplage entre les principales couches de la Terre (croûte et manteau solides, noyau liquide, graine solide). En mesurer les perturbations ouvre donc une fenêtre sur les processus à l'oeuvre aux interfaces internes de notre planète, complémentaire aux mesures sismiques, gravimétriques et géomagnétiques.

De aarde draait rond haar as in 23 uur en 56 minuten. Door de kleine bewegingen in haar rotatie te observeren, kunnen we meer te weten komen over de interne structuur en dynamica van onze planeet.

Precession en nutatie

Precession: een langzame beweging van de rotatieas van de aarde die een kegel beschrijft over een periode van ~26000 jaar.

Nutatie: kleine oscillaties van de rotatieas van de aarde die bovenop de precession komen, de belangrijkste oscillatie heeft een periode van ~19 jaar.

De rotatiepool beweegt ook ten opzichte van de geografische noordpool.

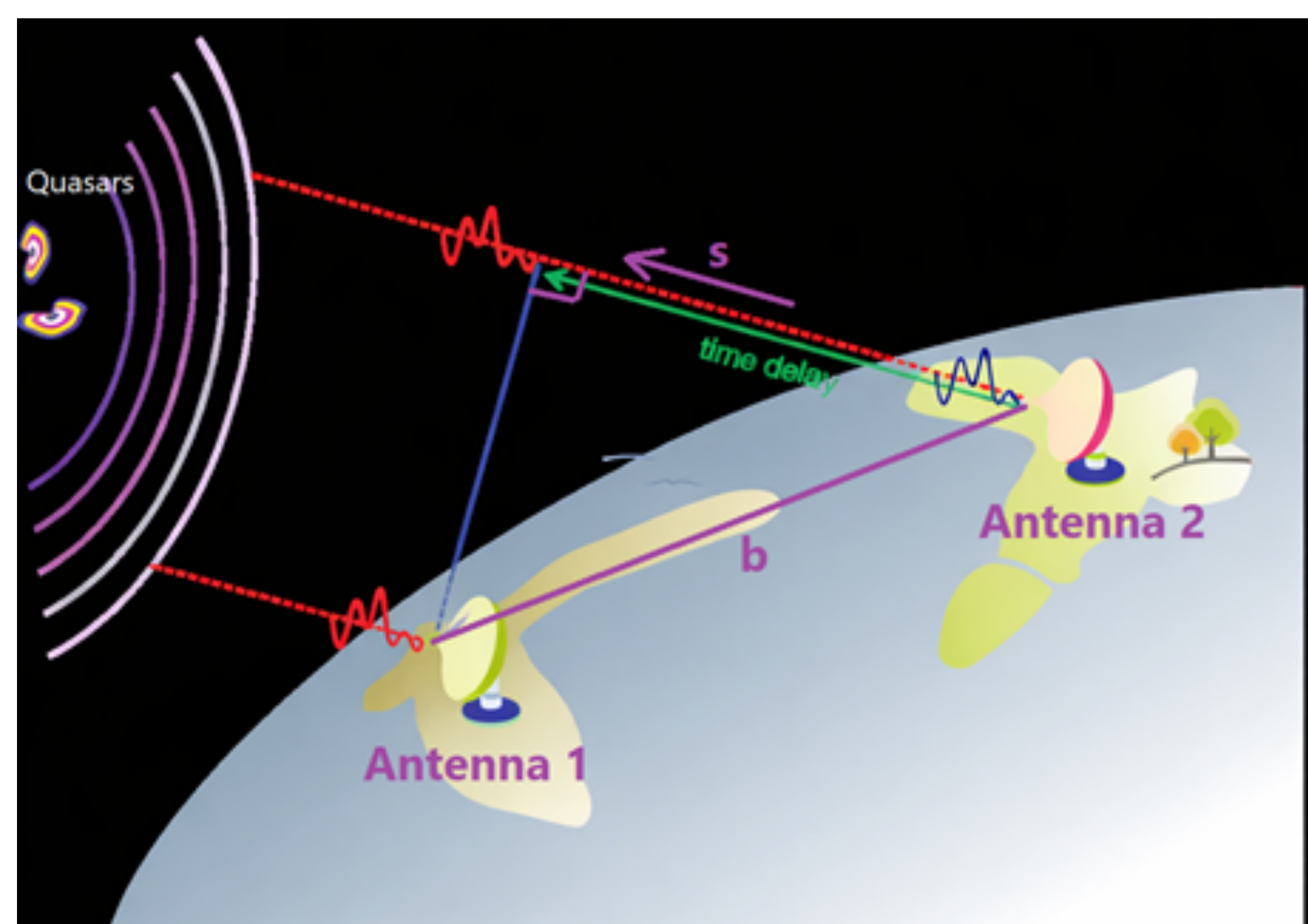
Vind je je dagen te kort?

Seculiere vertraging van de rotatie: getijdendissipatie (voornamelijk door wrijving op de oceaانبodem) verlengt de dag met 2 milliseconden per eeuw, terwijl de maan verder weg beweegt met 4 centimeter per jaar.

Verder zijn er schommelingen in de daglengte, waarvan sommige gecorreleerd zijn met schommelingen in het magnetische veld van de aarde.

Meten van bewegingen in rotatie

Een netwerk van VLBI (Very Long Baseline Interferometry)-antennes volgt continu en nauwkeurig de oriëntatie van het aardoppervlak ten opzichte van een catalogus van quasars, die bakens zijn aan de hemel doordat ze zich op heel grote afstand bevinden.



Principe des mesures VLBI. Principe van VLBI-metingen.

Crédit/Bron: Mina Rahmani (EGU Blogs, Geodesy Division).

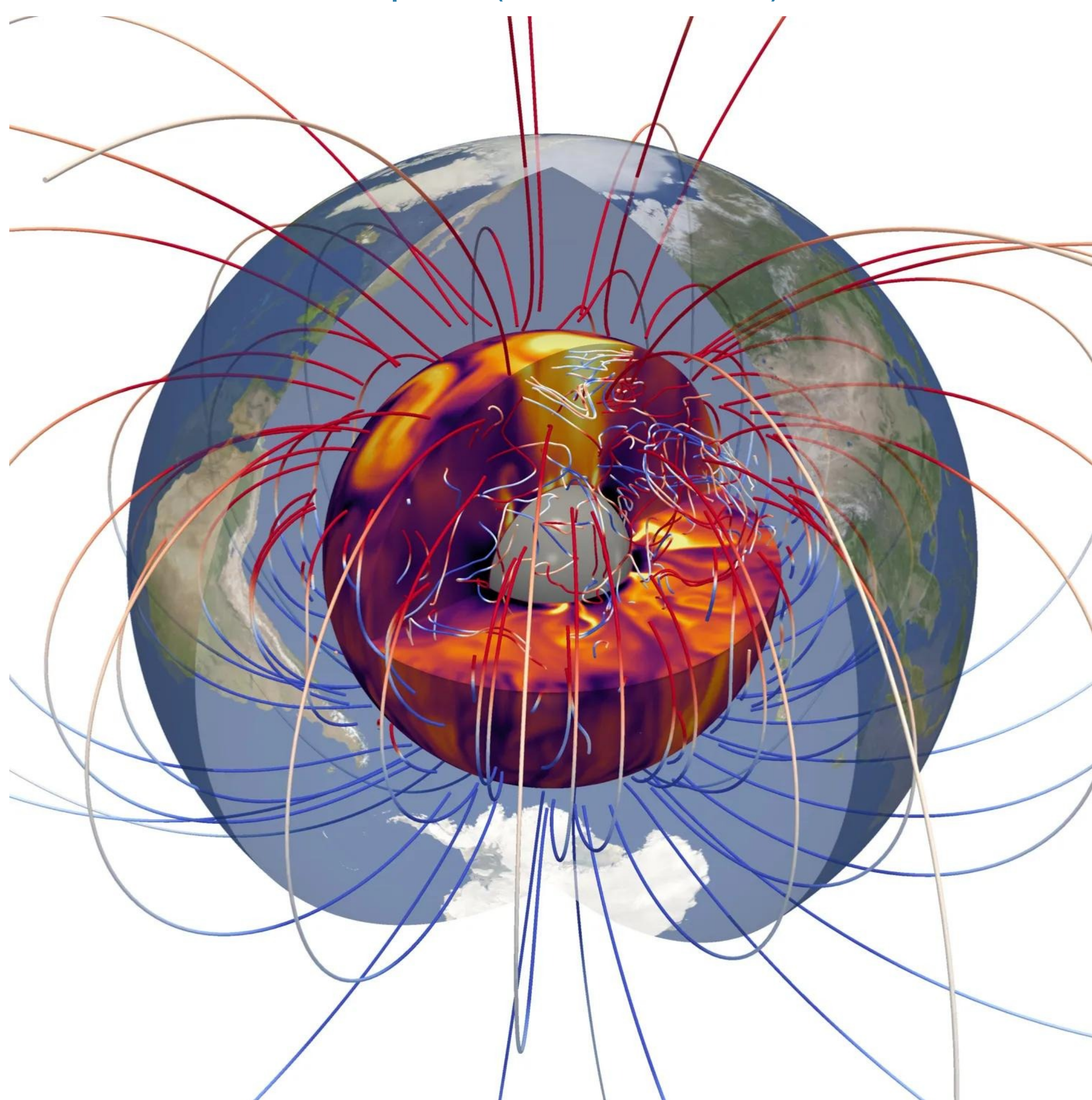
Interne structuur en dynamica

De rotatie van het aardoppervlak weerspiegelt de aard en intensiteit van de koppelingsmechanismen tussen de belangrijkste aardlagen (vaste korst en mantel, vloeibare kern, vaste binnenkern). Het meten van deze verstoringen biedt daarom inzicht in de processen die zich afspelen op de interne grensvlakken van onze planeet, als aanvulling op seismische, gravimetrische en geomagnetische metingen.

Le noyau de la Terre est une boule de fer fondu qui se cristallise de l'intérieur en refroidissant. Nos projets de recherche se concentrent sur les effets mesurables de sa dynamique complexe sur la rotation de la Terre.

Géodynamo

Le champ magnétique terrestre ressemble de loin à celui d'une barre aimantée. Il s'auto-entretient grâce à la convection du fer liquide (un conducteur).



Simulation numérique de la géodynamo. Numerische simulatie van de geodynamo.
Crédit/Bron: Ankit Barik (Johns Hopkins University).

Ondes hydromagnétiques

Le noyau liquide peut être parcouru d'oscillations dont les caractéristiques (longueur d'onde et fréquence) reflètent certaines propriétés physiques de l'intérieur (densité et stratification, conductivité, forme etc.)

Des projets GRACEFUL à GEOSPIN

Quelques questions qui nous intéressent:

- Les courants dans le noyau liquide peuvent-ils produire des fluctuations observables du champ de pesanteur, du champ magnétique, de la longueur du jour et/ou de l'orientation de la Terre?
>> Oui, sur des cycles de quelques années, mais aussi de manière plus transitoire
- Que peut-on déduire des fluctuations observées sur les processus à l'oeuvre à la frontière noyau-manteau?
>> Informations sur les propriétés physiques alentour et sur les mécanismes couplant les couches internes de la Terre entre elles

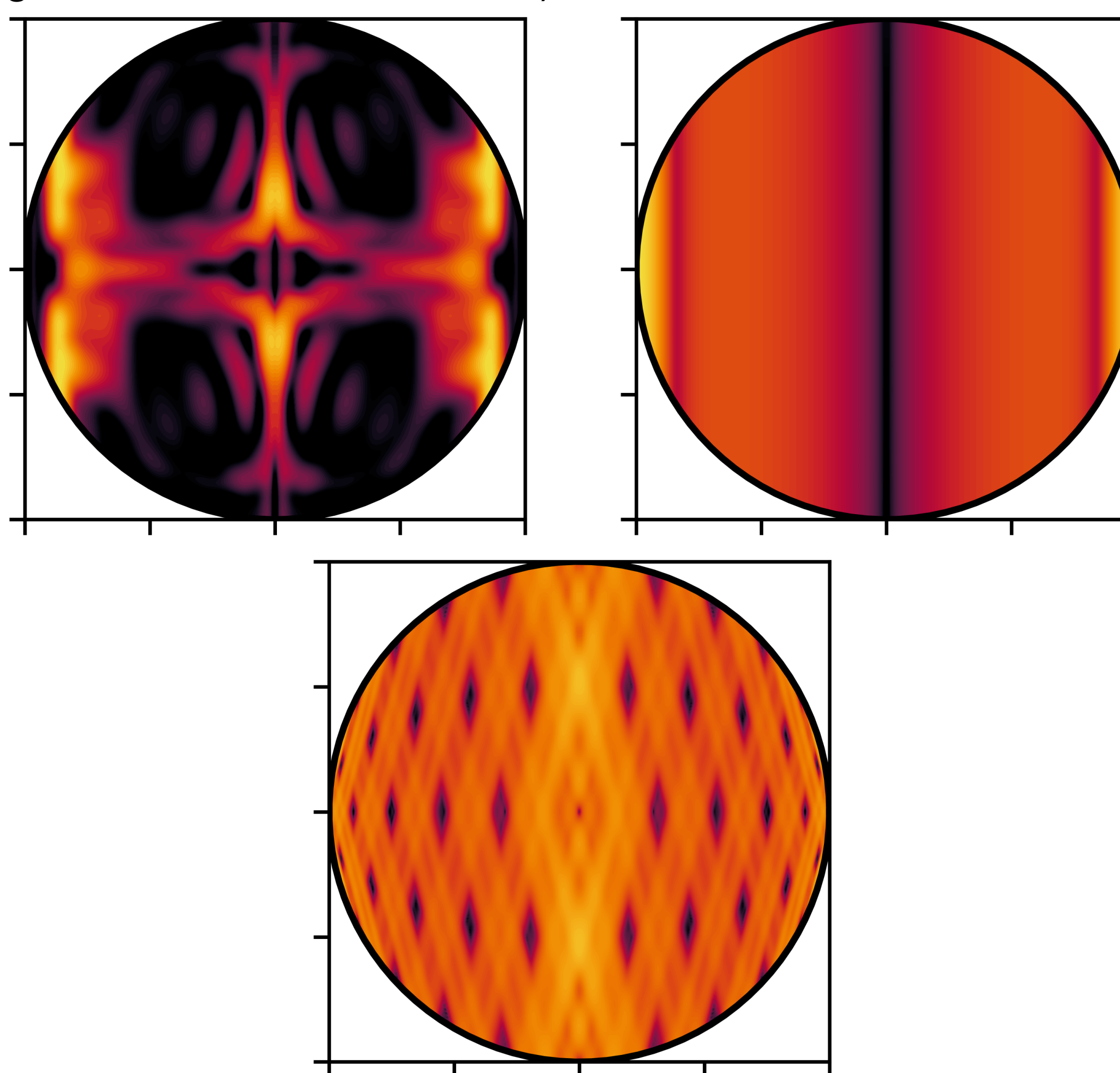
De aardkern is een bol gesmolten ijzer die van binnenuit kristalliseert naarmate hij afkoelt. Onze onderzoeksprojecten richten zich op de meetbare effecten van de complexe dynamica ervan op de rotatie van de aarde.

Geodynamo

Van een afstand gezien lijkt het magnetische veld van de aarde op dat van een staafmagneet. Het is zelfonderhoudend dankzij de convectorie van vloeibaar ijzer (een geleider).

Hydromagnetische golven

De vloeibare kern kan worden doorkruist door golven waarvan de kenmerken (golflengte en frequentie) bepaalde fysische eigenschappen van het inwendige weerspiegelen (dichtheid en gelaagdheid, geleidbaarheid, vorm, enz.)



Trois exemples d'ondes hydromagnétiques. Drie voorbeelden van hydromagnetische golven.
Crédit/Bron: Fleur Seuren (Queen's University).

Van projecten GRACEFUL tot GEOSPIN

Enkele vragen die ons interesseren:

- Kunnen stromingen in de vloeibare kern waarneembare fluctuaties veroorzaken in het zwaartekrachtsveld, het magnetische veld, de lengte van de dag en/of de oriëntatie van de aarde?
>> Ja, over cycli van een paar jaar, maar ook op kortere termijn
- Wat kunnen we uit de waargenomen fluctuaties afleiden over de processen die zich afspelen op de grens tussen de kern en de mantel?
>> Informatie over de omringende fysische eigenschappen en de mechanismen die de interne lagen van de aarde met elkaar verbinden

Ce dispositif expérimental donne un aperçu simplifié de l'écoulement de l'atmosphère des planètes géantes, du noyau des planètes telluriques, et de l'océan des satellites de glace.

Une découverte à faire mousser

Le liquide contenu dans le récipient sphérique est extrait d'un mélange d'eau et... de mousse à raser! De fines particules allongées et réfléchissantes (des flocons d'acide stéarique) s'y trouvent en suspension et s'orientent le long du courant local, ce qui nous permet de visualiser les écoulements.



Le making-of. Achter de schermen.
Crédit/Bron: Santiago Andres Triana (UCLouvain).

Voyez par vous-mêmes!

Faites tourner la planète d'abord lentement, puis de plus en plus vite: l'écoulement est d'abord laminaire, et finit par devenir turbulent.

Retenez la planète quelques secondes puis relâchez-la: la coque se remet en mouvement car la faible viscosité n'a pas permis de mettre à l'arrêt l'ensemble de la masse liquide.

Essayez de faire apparaître une onde inertielle (de Rossby) à la surface des régions polaires!

Ces manipulations illustrent les effets surprenants de la force (inertielle) de Coriolis.

Vidéos: <https://graceful.oma.be/news>

Analogies planétaires

La surface de Jupiter est parcourue de structures en bandes et de tourbillons similaires.

On s'attend à ce que le noyau liquide des corps planétaires telluriques, ainsi que les océans souterrains des satellites de glace, partagent également des comportements similaires.

La modélisation numérique permet d'étudier la riche dynamique des fluides géophysiques.

Deze experimentele opstelling biedt een vereenvoudigde blik op de stroming van de atmosfeer van gasreuzen, de kern van aardse planeten en de oceanen van ijssatellieten.

Geen eenvoud zonder schuim

De vloeistof in de bolvormige container is afkomstig van een mengsel van water en... scheerschuim! Fijne, langwerpige, reflecterende deeltjes (stearinezuurvlokken) zweven erin en oriënteren zich langs de lokale stroming, waardoor we de stromingen kunnen visualiseren.

Probeer het zelf eens!

Draai de planeet eerst langzaam rond, dan steeds sneller: de stroming is aanvankelijk laminair en wordt uiteindelijk turbulent.

Houd de planeet een paar seconden vast en laat hem dan los: de romp begint weer te bewegen omdat de lage viscositeit niet voldoende was om de hele vloeistofmassa tot stilstand te brengen.

Probeer een inertiële (Rossby-)golf te laten verschijnen op het oppervlak van de poolgebieden!

Deze experimenten illustreren de verrassende effecten van de (inertiële) Coriolis-kracht.

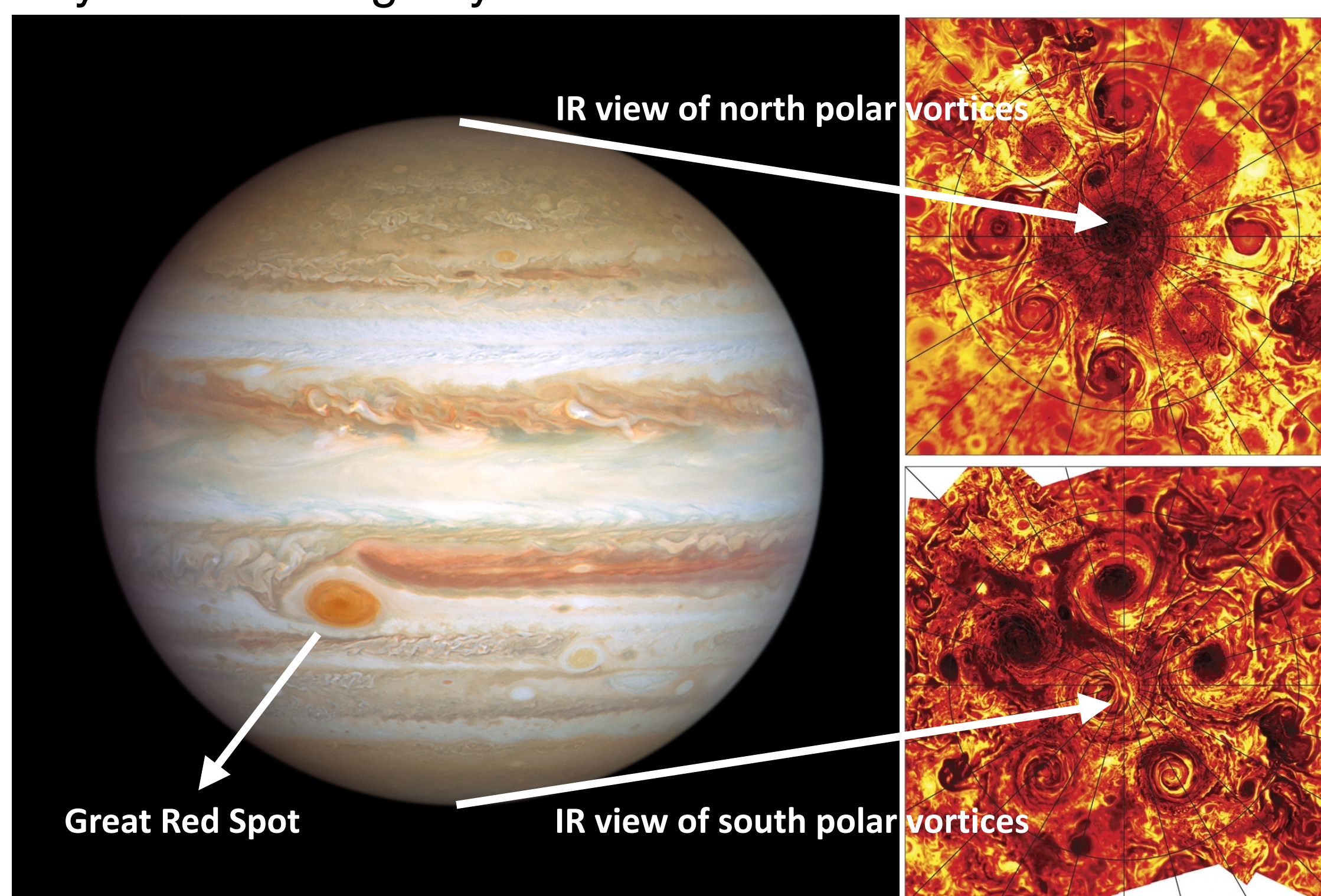
Video's: <https://graceful.oma.be/news>

Planetaire analogieën

Het oppervlak van Jupiter wordt doorsneden door bandstructuren en soortgelijke wervelingen.

De vloeibare kern van aardse planeten, evenals de ondergrondse oceanen van ijzige manen, vertonen naar verwachting ook soortgelijk gedrag.

Numerieke modellering stelt ons in staat de complexe dynamica van geofysische vloeistoffen te bestuderen.



Structure visibles à la surface de Jupiter. Structuren zichtbaar op het oppervlak van Jupiter.
Crédit/Bron: (left) NASA, ESA, STScI, Amy Simon (NASA-GSFC); Image Processing: Joseph DePasquale (STScI); (right) JIRAM pictures.