

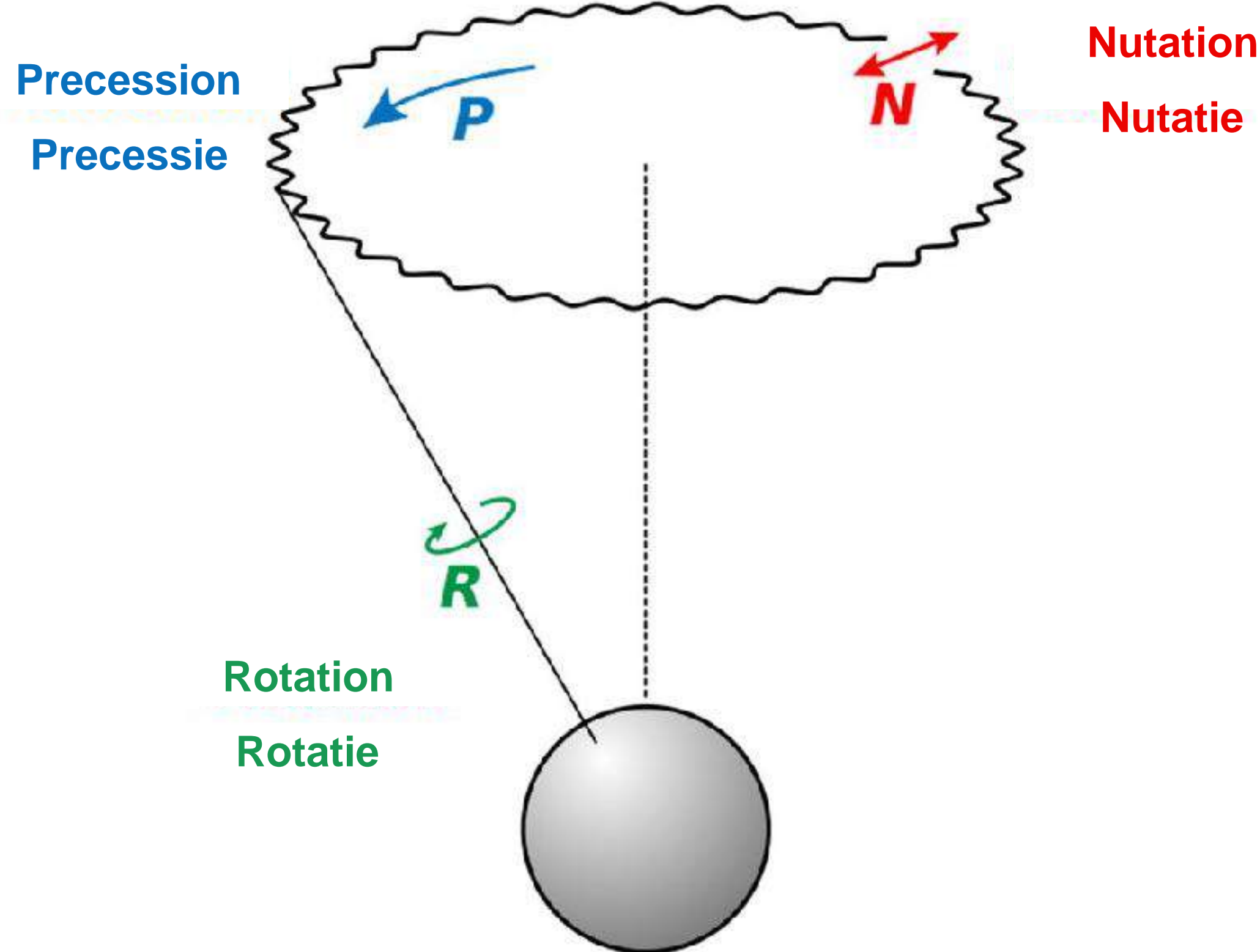
La rotation de la Terre De rotatie van de Aarde

La Terre fait un tour sur elle-même en environ 23 heures 56 minutes. En observant les petites irrégularités de sa rotation, on peut en savoir plus sur sa composition.

De aarde draait rond haar as in ongeveer 23 uur en 56 minuten. Door de kleine bewegingen in haar rotatie te observeren, verkrijgen we meer informatie over het inwendige van de aarde.



Précession et Nutation | Precessie en Nutatie



- La Terre exécute une rotation complète sur elle-même en environ 23 heures 56 minute

De aarde draait rond haar as in ongeveer 23 uur en 56 minuten

- La précession est un mouvement beaucoup plus lent qui peut se représenter par un déplacement circulaire de l'axe de rotation au cours du temps. La Terre exécute une précession complète en ~ 26000 ans

Precessie is een veel langzamere beweging waarbij de oriëntatie van de Aarde een cirkelvormige beweging aan de hemel uitvoert. De aarde maakt een volledige precessie in ~ 26000 jaar

- La nutation est un mouvement encore plus petit au cours duquel, l'orientation de la Terre oscille autour du mouvement de précession (voir figure). Il vaudrait mieux, en réalité, parler de nutations (au pluriel) car ce mouvement complexe a plusieurs composantes. La composante de nutation dominante a une période de ~19 ans

Nutatie is een kleinere beweging waarbij de oriëntatie van de Aarde schommelt rond de cirkelvormige precessie (zie figuur). In feite is het beter om te spreken van nutaties (meervoud) omdat deze complexe beweging verschillende componenten heeft. De belangrijkste component heeft een periode van ~19 jaar

Mesure des nutations | maat van nutaties

Pour mesurer la rotation de la Terre, on se cale sur le rayonnement d'objets lointains appelés "quasars" et qui ont la particularité d'émettre un rayonnement très régulier. En comparant les temps d'arrivée de rayonnement observé à plusieurs endroit au sol, on obtient une mesure très précise de la rotation de la Terre. On appelle cette technique **VLBI** (Very Long Baseline Interferometry)

Om de rotatie van de aarde te meten, richten we ons op de straling van objecten op afstand die 'quasars' worden genoemd en die de onderscheiding hebben om een zeer regelmatige straling uit te zenden. Door de aankomsttijden van straling op verschillende locaties op de grond te vergelijken, wordt een zeer nauwkeurige meting van de rotatie van de aarde verkregen. Deze techniek wordt **VLBI** genoemd (Very Long Baseline Interferometry)

Structure de la Terre | Structuur van de aarde

Grâce aux mesures sismiques, on sait depuis longtemps que la Terre a une structure à quatre couches :

- La croûte, la couche extérieure sur laquelle nous vivons
- Le manteau, qui se compose de roches et où l'activité volcanique se produit
- Le noyau externe, composé de fer liquide, dont le mouvement produit le champ magnétique terrestre
- Le noyau interne, composé de fer est solide en raison de la pression interne élevée.

Dankzij seismologie het is al lang bekend dat de aarde een vierlaagse structuur heeft :

- De korst, de buitenste laag waarop we leven
- De Mantel, die bestaat uit gesteente en waar vulkanische activiteit ontstaat
- De buitenste kern, samengesteld uit vloeibaar ijzer waarvan de beweging het magnetisch veld van de aarde produceert
- De binnenste kern, gemaakt van ijzer, is vast als gevolg van de hoge interne druk.

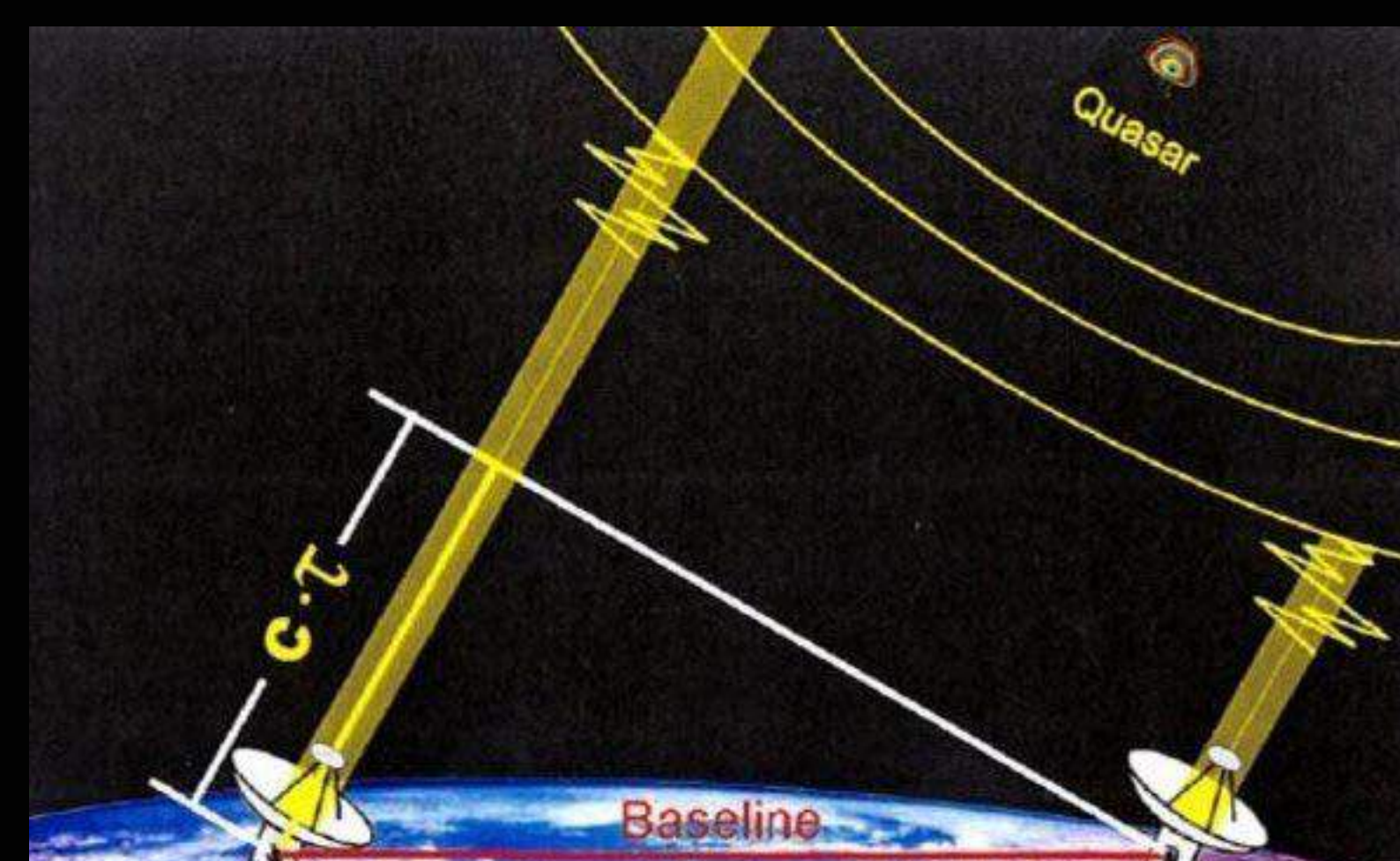
Le projet Rotanut | Het Rotanut-project

La nutation de la terre est causée par la force gravitationnelle exercée par le soleil, la lune et d'autres planètes et dépend de la «réaction» de la terre d'une manière qui n'est pas encore bien connue.

Le projet européen Rotanut vise à en apprendre davantage sur les courants dans le noyau liquide de la terre et leur relation avec la rotation de la terre.

De nutatie van de aarde wordt veroorzaakt door de gravitationele kracht uitgeoefend door de zon, de maan en andere planeten en hangt af de 'reactie' van het aardinwendige, op een manier die nog niet goed gekend is.

Het doel van het Europese project Rotanut is om meer te weten te komen over de stromingen in de vloeibare kern van de aarde en over hun verband met de rotatie van de aarde.

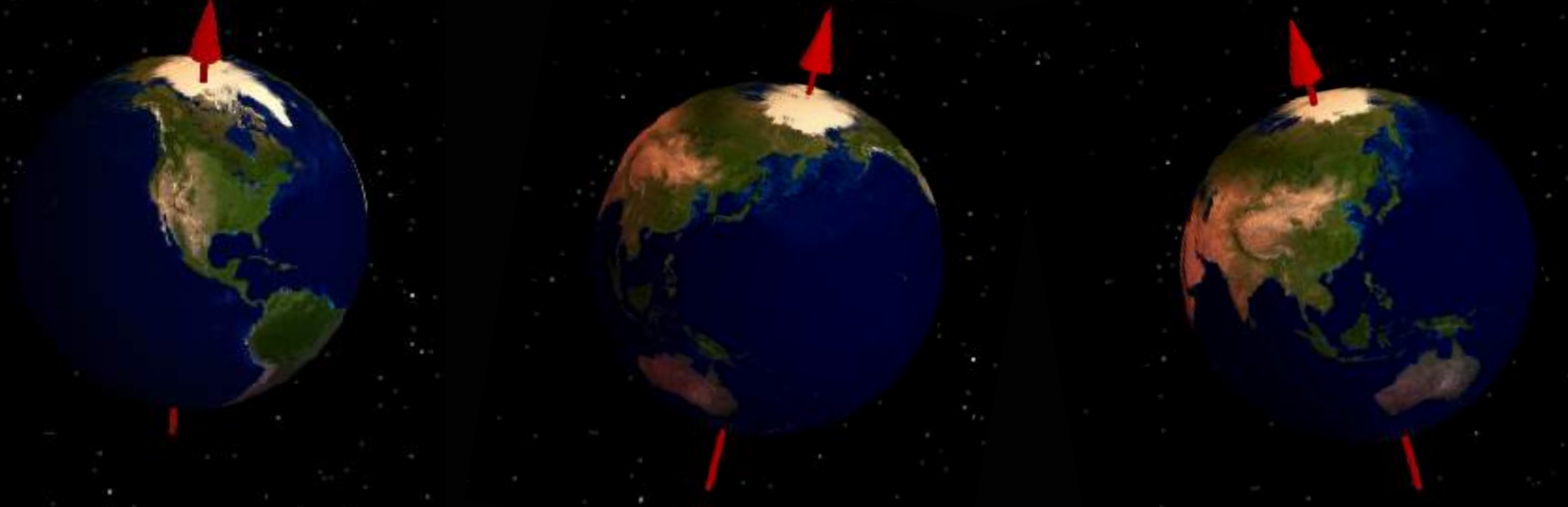


Antennes VLBI
VLBI antennas

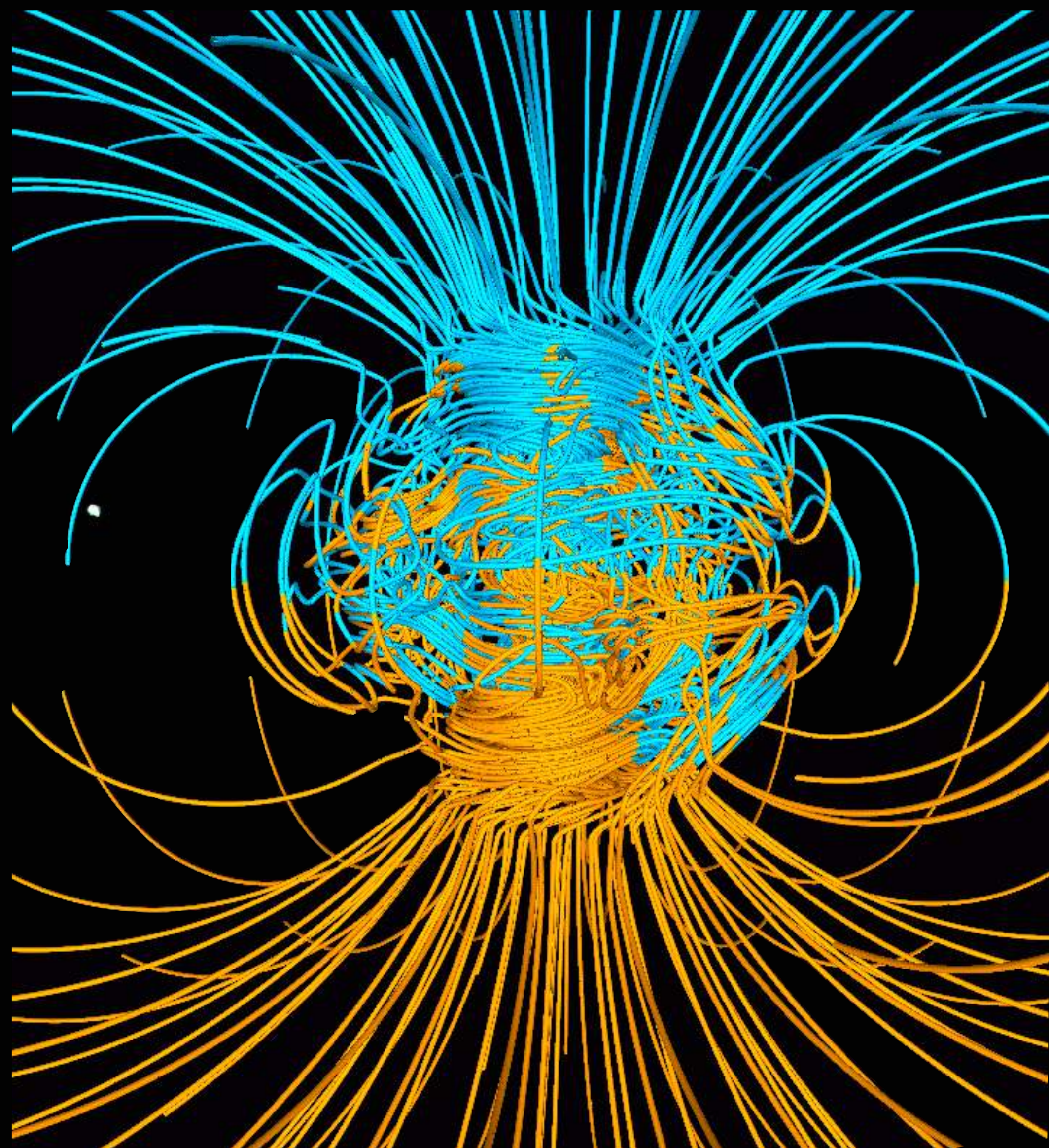
Couplage avec la rotation | Koppelen met rotatie

Si l'on fait tourner un fluide dans une cuve, des courants apparaissent et ceux-ci peuvent modifier le mouvement de la cuve par effet de pression sur les parois. C'est un exemple de modèle couplé. À l'observatoire, nous analysons les courants à l'intérieur de la Terre à l'aide de modèles mathématiques en nous basant sur les lois fondamentales de la physique (lois de Newton, conservation de l'énergie, ...). Ça nous permet de calculer l'effet des écoulements sur la rotation de la Terre.

Als een vloeistof in een tank wordt gedraaid, verschijnen er stromingen die de beweging van de tank kunnen beïnvloeden door een drukeffect op de wanden. Dit is een voorbeeld van een gekoppeld model. Bij het sterrenwacht analyseren we de stromingen in de aarde met behulp van wiskundige modellen gebaseerd op de fundamentele wetten van de natuurkunde (wetten van Newton, behoud van energie, ...). Hiermee kunnen we de effecten van de rotatie van de aarde berekenen.



Variation de la rotation de la Terre
variatie van de rotatie van de aarde



Simulation numérique du champ magnétique terrestre
Numerieke simulatie van het magnetisch veld van de aarde

Géomagnétisme | Aardmagnetisme

Le noyau liquide de la Terre est composé essentiellement de fer fondu à très haute température. Le fer étant conducteur, son mouvement à l'intérieur du noyau crée des courants électriques qui sont à l'origine du champ magnétique terrestre.

Lorsqu'on la regarde de loin, la planète peut être considérée comme un gigantesque aimant avec deux pôles (un dipôle magnétique). Quand on y regarde de plus près, la situation est un peu plus complexe et on s'aperçoit que la forme du champ magnétique change au cours du temps.

Le champ magnétique est généré par les courants à l'intérieur de la Terre mais agit également sur ceux-ci, produisant une interaction complexe qu'on appelle "géodynamo".

De vloeibare kern van de aarde bestaat voornamelijk uit gesmolten ijzer bij zeer hoge temperaturen. Omdat het ijzer geleidend is, creëert zijn beweging in de kern elektrische stromen die aan de oorsprong liggen van het magnetisch veld van de aarde.

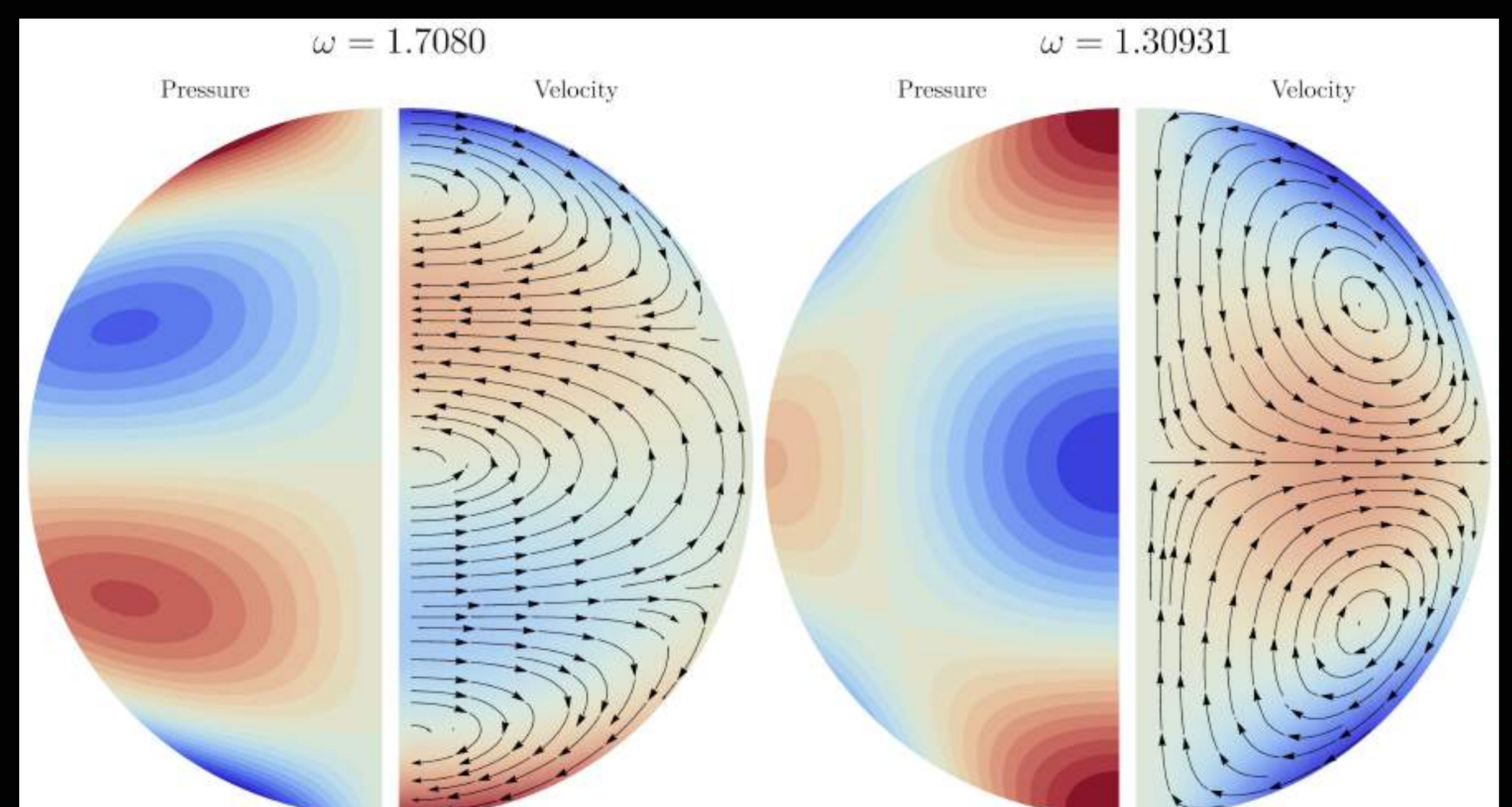
Van veraf gezien kan de planeet worden beschouwd als een gigantische magneet met twee polen (een magnetische dipool). Als we van dichterbij kijken, is de situatie wat ingewikkelder en valt op dat de vorm van het magnetische veld in de loop van de tijd verandert.

Het magnetisch veld wordt gegenereerd door de stromen binnen de aarde, maar werkt ook op hen in, wat een complexe interactie produceert die "geodynamo" wordt genoemd.

Ondes hydromagnétiques | hydromagnetische golven

Les ondes inertielles sont des oscillations à l'intérieur d'un fluide en rotation et sont une conséquence de la force de Coriolis. Les forces magnétiques peuvent également engendrer des ondes. Le rôle de ces ondes dans la dynamique du noyau liquide est encore mal connu. On sait, cependant, qu'elles sont excitées par un certain nombre de mécanismes naturels et notamment par les variations de l'axe de rotation et de la vitesse de rotation (voir poster 1).

Traagheidsgolven zijn oscillaties in een roterend fluïdum en zijn een gevolg van de Coriolis-kracht. De magnetische krachten kunnen ook golven veroorzaken. De rol van deze golven in de dynamica van de vloeibare kern wordt nog steeds slecht begrepen. Het is echter bekend dat ze worden geëxciteerd door meerdere natuurlijke mechanismen en in het bijzonder door variaties in de rotatieas en in de rotatiesnelheid (zie poster 1).



Exemples d'ondes inertielles à l'intérieur d'un réservoir sphérique
Voorbeelden van traagheidsgolven in een bolvormige tank

Ce dispositif expérimental permet de mieux comprendre les différents mouvements de l'atmosphère, des océans et du noyau liquide des planètes et lunes.

Dit experimenteel apparaat biedt een blik op de verschillende bewegingen van de atmosfeer, de oceanen en de vloeibare kern van planeten en manen.

Influence du fluide sur la rotation Invloed van de vloeistof op rotatie

Lorsque l'on fait tourner la sphère, le mouvement du réservoir se propage des couches superficielles vers les couches plus profondes. Plus le fluide est visqueux, plus cette transmission est rapide, on parle de **temps de spin-up**.

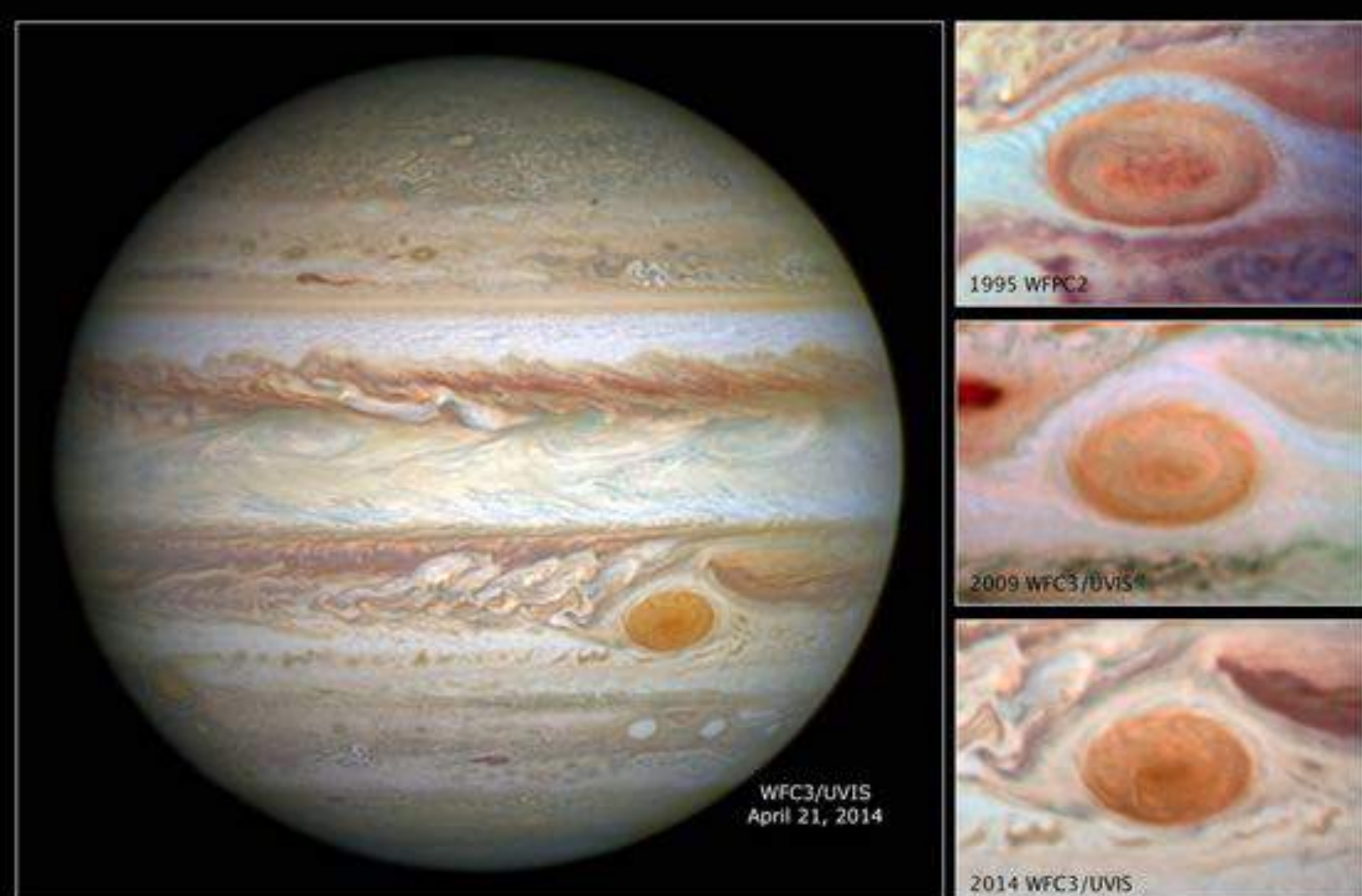
Wanneer de bol wordt geroteerd, plant de beweging van het reservoir zich voort van de oppervlaktelagen naar de diepere lagen. Hoe viskeuzer de vloeistof, hoe sneller deze transmissie. We hebben het over de **spin-up tijd**.

L'acide stéarique rend l'eau semi-opaque et ne permet pas de voir le mouvement dans les couches internes. On peut néanmoins sentir son effet si l'on essaye de stopper le réservoir après quelques rotations. Quand on le relâche, il se remet à tourner faiblement. La paroi est cette fois-ci entraînée par les couches internes du fluide.

Stearinezuur maakt het water minder transparant en laat de beweging in de binnenste lagen niet zien. Men kan echter het effect ervan voelen door het reservoir even tegen te houden een paar omwentelingen. Nadat het reservoir weer losgelaten wordt, begint het terug langzaam te rotere. Het wordt deze keer aangedreven door de interne lagen van de vloeistof.



Vue des courants dans l'atmosphère de Jupiter
Weergave van stromingen in de atmosfeer van Jupiter



Jupiter and the Great Red Spot
Hubble Space Telescope WFC3/UVIS WFC2

Le dispositif | het apparaat

La sphère est remplie d'eau dans laquelle se trouvent de fines particules en suspension (des flocons d'acide stéarique, un composant de la mousse à raser). L'orientation de ces flocons à l'intérieur de fluide nous permet de visualiser les courants à l'intérieur de la sphère.

De bol is gevuld met water waarin zich fijne deeltjes in suspensie bevinden (schilfers van stearinezuur, een bestanddeel van scheerschuim). De oriëntatie van deze vlokken in de vloeistof geeft ons een beeld van de stromen in de bol.

Jupiter

Les courants que l'on observe à la surface de l'expérience rappellent ceux observés à la surface de Jupiter. En faisant tourner la sphère lentement, on voit apparaître de longues structures stables qui font le tour de la "planète" en suivant à peu près les lignes de latitude. On parle d'**écoulement laminaire**.

Lorsque l'on fait tourner la planète plus rapidement, les structures deviennent plus complexes. On voit notamment apparaître des vortexes. On parle d'**écoulement turbulent**.

De stromingen waargenomen in de bovenste waterlagen van het experiment zijn vergelijkbaar met die waargenomen op het oppervlak van Jupiter. Door de bol langzaam rond te draaien, zien we lange stabiele structuren verschijnen rond de 'planeet' langs ongeveer de breedtegraden. We spreken van **laminaire stroming**.

Wanneer we de planeet sneller laten draaien, worden structuren complexer. In het bijzonder verschijnen wervelwinden. We spreken van **turbulente stroming**.

Sur la surface de Jupiter, il y a à la fois des écoulement laminaires et turbulents. De nombreux aspects de ces écoulements nous sont encore mystérieux, comme par exemple le vortex géant à l'origine de la Grande Tache rouge dans l'hémisphère sud de la planète.

Op het oppervlak van Jupiter zijn er zowel laminaire als turbulente stromingen. Veel aspecten van deze stromingen zijn nog steeds mysterieus, zoals de gigantische draaikolk aan de oorsprong van de Grote Rode Vlek op het zuidelijk halfrond van de planeet.

Coriolis

L'expérience est une occasion de voir les effets de la force de Coriolis à l'œuvre. C'est à cause d'elle que les vortexes tournent dans des sens opposés au nord et au sud de la planète.

Het experiment is een kans om de effecten van de Coriolis-kracht aan het werk te zien. Het is door de Coriolis-kracht dat de wervelwinden in het noordelijk halfrond in tegengestelde zin draaien van die in het zuidelijk halfrond.

Il y a encore beaucoup de choses à observer avec notre maquette de planète. Allez-y, faites-la tourner encore une fois!

Er is nog veel te zien met ons planeetmodel. Ga je gang, draai het zelf maar eens rond!