

10A001 - ASTRONOMIE GÉNÉRALE

La Terre, une planète vivante dans le cosmos

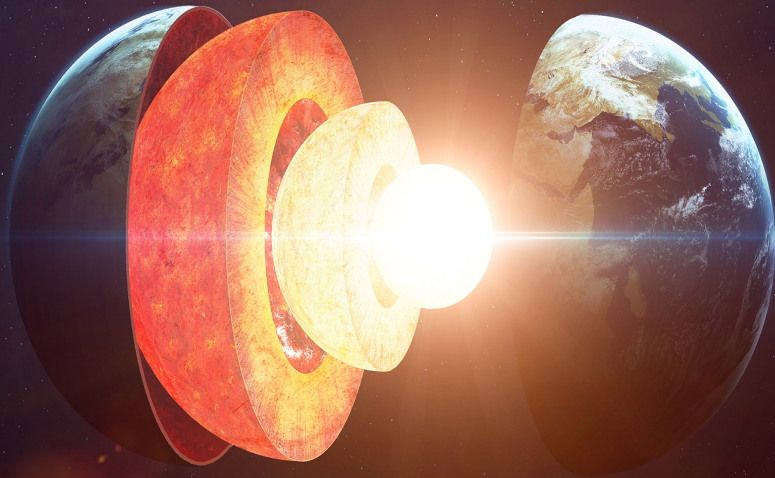
5. Structure de la planète Terre

14 octobre 2025

<https://mediaserver.unige.ch/play/282666>



Sylvia Ekström
Département d'Astronomie
Université de Genève



Jules Verne reste en avance !

Pas de volcan Sneffels pour nous emmener au cœur de la Terre...

Forage le plus profond : 12,2 km en Russie (péninsule de Kola, 1970-1989)



Température déjà 180°
(attendus 120°)

La mine la plus profonde :
Mponeng, 4 km
Roches à 60°



Tentatives ultérieures infructueuses, abandon du projet en 1995.

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

Références



5. Structure de la planète Terre

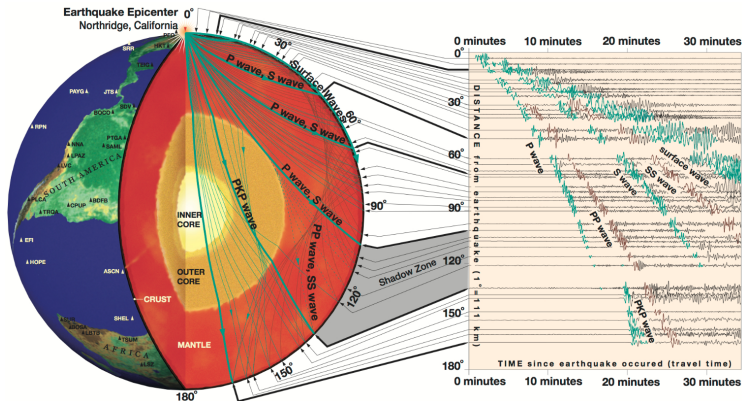
Sismologie

Structure

Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

Références



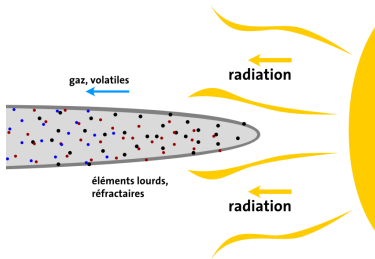
Modèle PREM : Preliminary Reference Earth Model

(Dziewonski & Anderson 1981)

Trois infos importantes : compression (P) cisaillement (S)

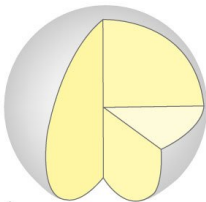
- Temps d'arrivée
- Amplitude de l'onde
- Forme de l'onde

Formation et différenciation

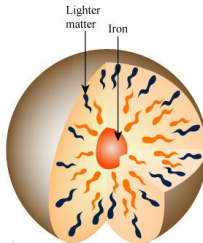


À sa formation, boule
homogène
Composition \sim chondrites

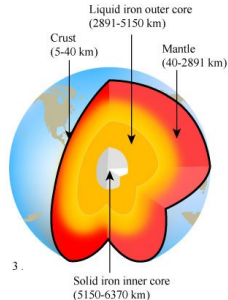
Rapide différenciation (qqs Ma)



1.



2.



3.

La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

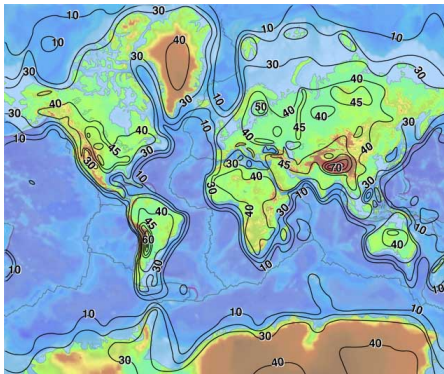
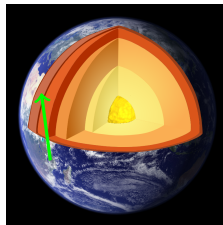
Structure

Tectonique des
plaques

Effet sur la
biodiversité

Références

- **Océanique**
~10 km d'épaisseur
basaltes (Mg, Fe), densité $\sim 2,9 \text{ g cm}^3$
- **Continental**
~35 km d'épaisseur
granits (Si, Al), densité $\sim 2,7 \text{ g cm}^3$



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des
plaques

Effet sur la
biodiversité

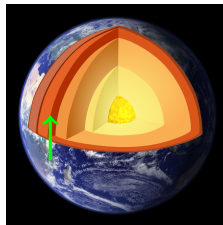
Références

Manteau supérieur

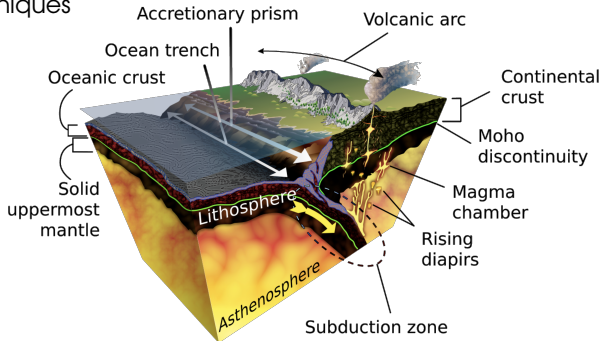
Commence à la discontinuité de Mohorovičić (10 – 35 km de profondeur)

~650 km d'épaisseur

Température entre 630° et 1200°



La partie inférieure, l'asthénosphère, est le réservoir du magma des volcans, et l'origine des mouvements des plaques tectoniques



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

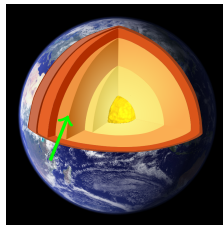
Références

Manteau inférieur

56% de la masse de la Terre
Épaisseur 2230 km

Température entre 1900° et 2600°

Composition : silicates riches en Mg, oxydes de Fer



Rapports exacts entre Mg, Al, Si, Ca encore débattu

(Murakami+ 2024)

Plus "sec" (4-250x moins d'eau que le manteau supérieur)
→ stratification, pas de mélange avec le manteau supérieur

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

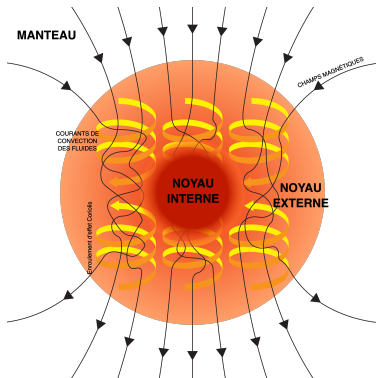
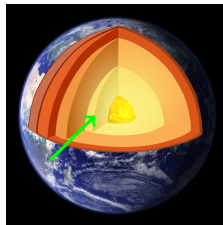
Références

Noyau externe

Epaisseur 2260 km

Haute température (4000-5000°) → basse viscosité

Maintenu chaud par radioactivité, cristallisation du noyau interne



Mouvements convectifs (thermiques et chimiques)

→ source du champ magnétique (géodynamo)

Champ magnétique très variable

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

Références

Nord magnétique

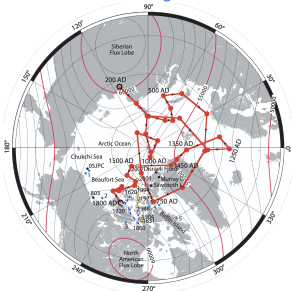
1re mesure in-situ : 1831

Avant 1990 : vitesse de dérive <15 km/an

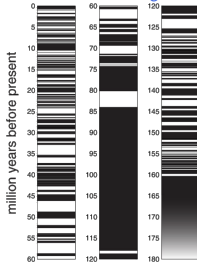
Après 2005 : 50-60 km/an

Passage à 400 km du pôle géographique en octobre 2017

St-Onge & Stoner 2011

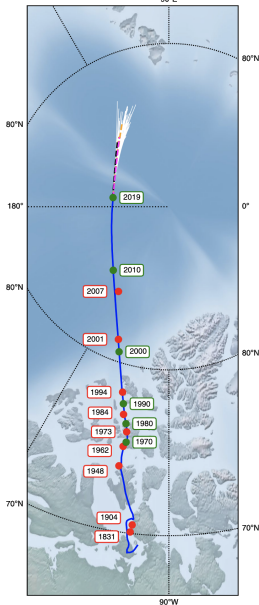


Roberts & King 2013



Inversion aléatoire de la polarité en
~7000 ans (*Clement 2004*)

Livermore+ 2020



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des
plaques

Effet sur la
biodiversité

Références

Noyau interne

Découvert en 1936 par la sismologue danoise Inge Lehmann

(Lehmann 1936)

Rayon 1230 km ($1/5 R_{\oplus}$)

Densité 12,3-13,1 g/cm³, température
~ 6000°

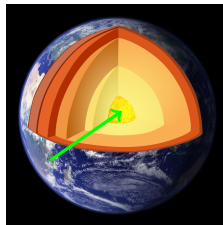
Alliage fer-nickel, mais aussi éléments plus légers (carbone, Wilson+ 2025)

Peut-être aussi jeune que 1 Ga

10'000 tonnes de fer se solidifient chaque seconde

Etrange historique de rotation, déformation

(Yang & Song 2023; Vidale+ 2025)



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

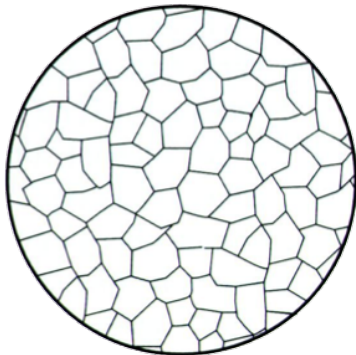
Structure

Tectonique des
plaques

Effet sur la
biodiversité

Références

Plaques continentales



ARCHEEN



AUJOURD'HUI

Evacuation de la chaleur par les jointures des plaques

Nombre de plaques diminue avec le refroidissement global du centre de la Terre



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des
plaques

Effet sur la
biodiversité

Références

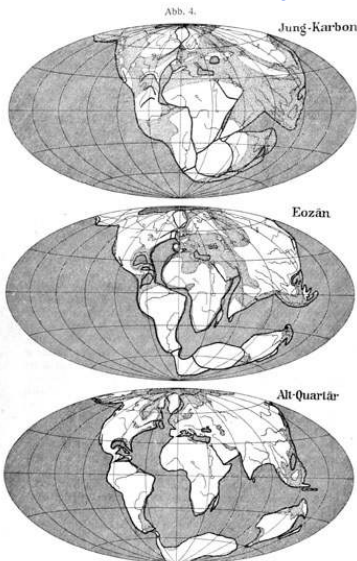
Dérive des continents

Arguments

- **morphologiques**
(emboîtement du Brésil dans le Golfe de Guinée)
- **stratigraphiques**
(continuité du bouclier continental des deux côtés)
- **paléoclimatiques**
(galets striés par glaciation retrouvés des deux côtés)
- **paléontologiques**
(faune et flore du primaire identiques)



Wegener 1912



Rekonstruktionen der Erdkarte nach der Verschiebungstheorie für drei Zeiten.

Schraffien: Tiefsee; punktiert: Flächen; heutige Konturen und Flüsse nur zum Erkennen. Gradnetz willkürlich des heutigen von Afrika.

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

Références

Origine du mouvement des plaques

Point faible de la théorie de Wegener

Pour lui, les plaques continentales dérivent sur les plaques océaniques à cause de la force centrifuge due à la rotation de la Terre

À présent on identifie l'origine des mouvements comme une combinaison de deux mécanismes :

- la **convection** induite par la présence de matière chaude et moins dense en-dessous de matière plus froide et plus dense. Mouvements de 1-13 cm/an
- la **gravité** qui fait s'écouler les jeunes plaques océaniques vers le bas des dorsales (plus élevées), et sombrer les plaques océaniques dans les zones de subduction lorsqu'elles vieillissent et se densifient

La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des
plaques

Effet sur la
biodiversité

Références



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

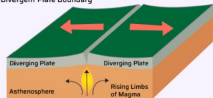
Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

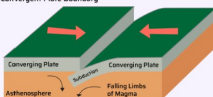
Références

Tectonic Plate Interactions

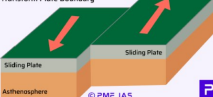
Divergent Plate Boundary



Convergent Plate Boundary



Transform Plate Boundary



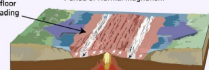
© PMF IAS

Plate Tectonics

P



Period of Normal Magnetism



Period of Reverse Magnetism

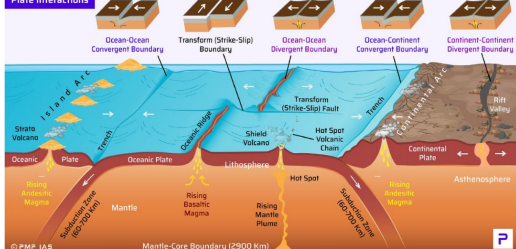
P

© PMF IAS

Magnetic Stripping

Period of Normal Magnetism

Plate Interactions



© PMF IAS

Mantle-Core Boundary (2900 Km)

P

Cycles de Wilson

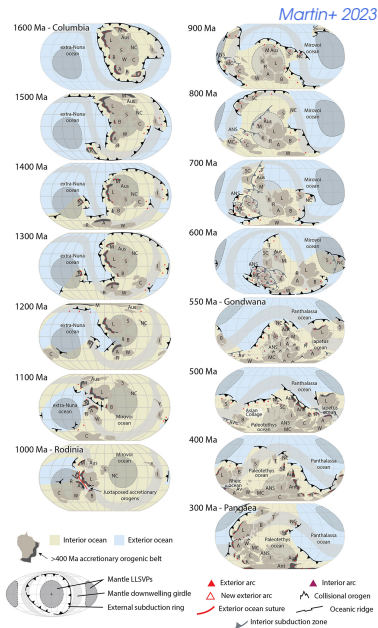
Nommés en l'honneur de John Tuzo Wilson

Ouverture d'océans intérieurs
→ fragmentation du supercontinent

Fermeture d'océans extérieurs
→ agglomération en supercontinent

Successivement : (Nance+ 2014)

- Columbia (1820 – 1350 Ma)
- Rodinia (1130 – 750 Ma)
- Gondwana ? (550 – 175 Ma)
- Pangée (336 – 175 Ma)



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

Références



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des
plaques

Effet sur la
biodiversité

Références

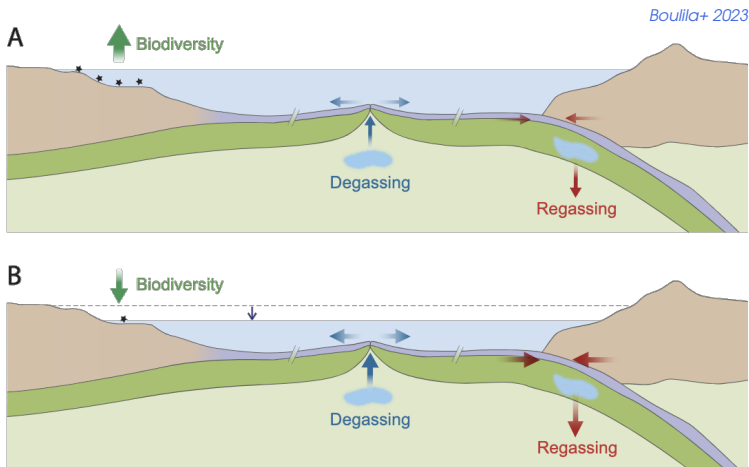
Hasterok+ 2022



Plaques bougent de 1 – 4 cm/an (dorsale médio-Atlantique), jusqu'à 16 cm/an pour la plaque Nazca (le long de la côte chilienne)

Effet sur la biodiversité

La subduction tend à emporter l'eau des océans, diminuant le niveau de la mer



Impact sur la biodiversité marine (*Peters 2005*)

La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des
plaques

Effet sur la
biodiversité

Références

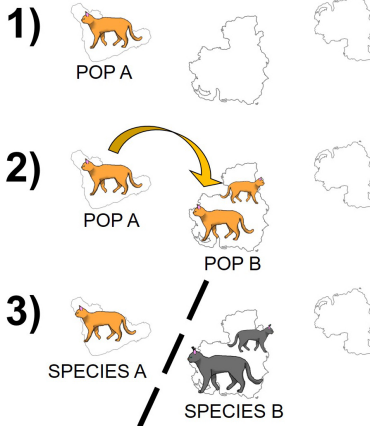
Paysage, climat et évolution

La tectonique entraîne des séparations de populations par :

- la création de montagnes par collision de plaques
- l'ouverture de mers intérieures par divergence de plaques

avec pour résultat une spéciation plus ou moins rapide

(Craw+ 2016; Loughney+ 2021)



La dérive des plaques modifie leur climat → évolution des espèces

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



5. Structure de la planète Terre

Sismologie

Structure

Tectonique des plaques

Effet sur la biodiversité

Références

Références I

- Boulila, Peters, Müller, Haq, & Hara 2023, *Proceedings of the National Academy of Science*, 120, e2221149120 (ADS)
- Clement 2004, *Nature*, 428, 637 (ADS)
- Craw, Upton, Burridge, Wallis, & Waters 2016, *Nature Geoscience*, 9, 140 (ADS)
- Dziewonski & Anderson 1981, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 25, 297 (ADS)
- Hasterok, Halpin, Collins et al. 2022, *Earth Science Reviews*, 231, 104069 (ADS)
- Lehmann 1936, *Publ. Du. Bur. Cent. Sci.*, 14, 87
- Livermore, Finlay, & Bayliff 2020, *Nature Geoscience*, 13, 387 (ADS)
- Loughney, Badgley, Bahadori, Holt, & Rasbury 2021, *Science Advances*, eab4470 (ADS)
- Martin, Cawood, Murphy, Nance, & Heron 2023, *Geological Society of London Special Publications*, 542, 54 (ADS)
- Murakami, Khan, Sossi, Ballmer, & Saha 2024, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 52, 605 (ADS)
- Nance, Murphy, & Santosh 2014, *Gondwana Research*, 25, 4 (ADS)
- Peters 2005, *Proceedings of the National Academy of Science*, 102, 12326 (ADS)
- Roberts & King 2013, *Reports on Progress in Physics*, 76, 096801 (ADS)
- St-Onge & Stoner 2011, *Oceanography*, 24, 42 (ADS)
- Vidale, Wang, Wang, Pang, & Koper 2025, *Nature Geoscience*, 18, 267 (ADS)
- Wegener 1912, *Geologische Rundschau*, 3, 276 (ADS)
- Wilson, Davies, Walker, & Alfè 2025, *Nature Communications*, 16, 7685 (ADS)
- Yang & Song 2023, *Nature Geoscience*, 16, 182 (ADS)