

Histoire d'un mystère : l'intérieur de la Terre

05/04/2001

Auteur(s) :

Vincent Deparis

Maison des Sciences de l'Homme - Alpes, Grenoble.

Publié par :

Benoît Urgelli

Résumé

Approche historique de l'évolution des modèles de l'intérieur de la Terre.

Table des matières

- [La vision des Anciens](#)
- [Les voyages de découverte](#)
- [Les premières représentations des profondeurs](#)
- [Peut-on expliquer le Déluge biblique ?](#)
- [Des modèles étonnants](#)
- [De l'imagination aux investigations scientifiques](#)
- [L'« océan de magma » interne](#)
- [La Terre, fluide ou solide ?](#)
- [Un noyau de fer](#)
- [Un noyau de gaz ?](#)
- [Le modèle sismologique](#)
- [Un noyau fluide ?](#)
- [La découverte de la graine](#)
- [Les premiers profils de densité](#)
- [Bibliographie](#)
- [Citations](#)

À l'aide de ce dossier, vous pourrez essayer de positionner historiquement la conception de l'intérieur de la Terre de vos élèves, en introduction au programme de première S.

Depuis Aristote, philosophes, érudits, savants, puis géologues et géophysiciens se sont interrogés à de nombreuses reprises sur la nature et la composition du globe terrestre. Feux intérieurs, vastes cavités, gigantesque sphère aqueuse, et plus récemment réservoirs de magma en fusion et modèles multicouches les plus variés, l'histoire est riche de spéculations parfois audacieuses sur les profondeurs de la Terre.

La vision des Anciens

Tout commence au VI^{ème} siècle avant Jésus-Christ, lorsque les premiers philosophes vivant sur le pourtour de la Méditerranée, tels *Thalès* (v.625-v.547 av. J.-C.), *Anaximandre* (v.610-v.547 av. J.-C.), *Pythagore* (v.570-v.480 av. J.-C.), puis *Platon* (428-348 av. J.-C.) et *Aristote* (384-322 av. J.-C.), s'interrogent sur le fonctionnement de la nature. Pour eux, la Terre est ronde et se maintient en équilibre, sans aucun support physique, au centre du Ciel lui aussi sphérique.

Pour *Aristote*, au IV^{ème} siècle av. J.-C., la Terre est exclusivement formée de l'élément terre ; elle est entourée d'eau, puis d'air et enfin d'une couche de feu. Au delà, c'est le monde des astres et de l'éternité. La partie superficielle du globe contient des cavités internes et des canaux. Le vent (ou souffle interne), sortant des cavités, provoque des tremblements de terre. Lorsqu'il est broyé en petites particules, il prend feu et donne des volcans.



Source : [Gallica - BnF](#)

Figure 1. **La stratification du monde d'Aristote.**

Cette vision de la Terre perdure pendant toute l'Antiquité et le Moyen-Âge.

Les voyages de découverte

Au XIV^{ème} siècle, le monde connu est encore très peu étendu. Il se limite à l'Europe, au nord de l'Afrique et à l'Asie, ne couvrant qu'un quart du globe. Mais, que contiennent les autres quartiers de la Terre, ont-ils également des terres émergées ou sont-ils purement océaniques ?

Buridan (1300-1358) explique que la terre et l'eau forment deux sphères de centres distincts : la terre domine donc la mer sur un seul quartier et est entièrement recouverte dans les autres.

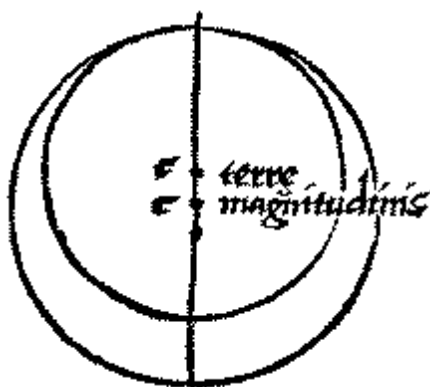


Figure 2. **Buridan sphères d'eau et de terre de centres décalés.**

La découverte de l'Amérique par **Christophe Colomb** (1450-1506) en 1492, puis les explorations maritimes de **Vasco De Gama** (1469-1524), d'**Amerigo Vespucci** (1454-1512) et de **Magellan** (1480-1521) montrent que la thèse de Buridan est fautive : dans toutes les parties du globe, il existe des terres émergées et des habitants. Les océans ne font que combler les dépressions les plus profondes du relief terrestre et l'ensemble terres-mers reçoit le nom de globe terraque remplacé ensuite par globe terrestre.

Les premières représentations des profondeurs

Avec la révolution astronomique de **Nicolas Copernic** (1473-1543), les idées des Anciens sur la Terre sont rejetées. Une nouvelle représentation émerge.

René Descartes (1596-1650), qui est philosophe, est le premier en 1644 à imaginer le monde souterrain. Pour lui, la <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/modeles-interieur-terre.xml> - Version du 07/04/21

Terre est un ancien Soleil qui a subi une évolution particulière. Au centre, on trouve un noyau de matière solaire, recouvert d'une couche compacte de la même matière que les taches solaires. Ensuite vient une couche de terre dense, une couche d'eau, une couche d'air et une nouvelle couche de terre plus légère qui se maintient au dessus du vide comme une voûte.

La Terre de Descartes est donc creuse ! La couche externe est toutefois en équilibre instable. Séchée par le Soleil, elle se fendille, et finit par s'écrouler d'une manière inégale dans les couches internes, expulsant l'eau qui forme les océans. Descartes décrit ainsi à la fois la genèse de la Terre et sa structure interne. Il raconte comment les montagnes se sont formées, par effondrement, lors d'une immense catastrophe planétaire originelle

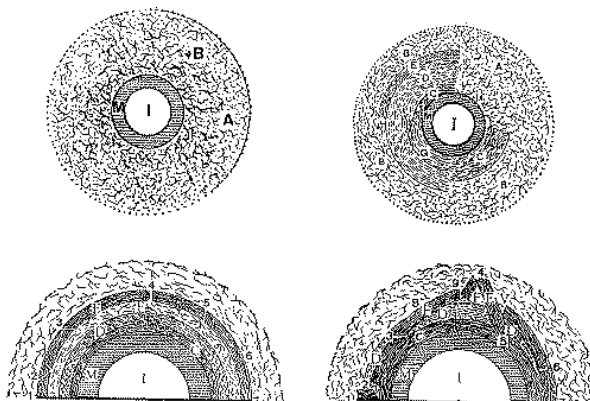


Figure 3. [La formation de la Terre selon Descartes.](#)

Athanasius Kircher (1602-1680), un père jésuite, donne en 1665 la deuxième représentation de la Terre, tout à fait différente de celle de Descartes. Pour lui aussi le globe est un ancien Soleil refroidi, mais il cherche à expliquer les éruptions volcaniques. La Terre possède un foyer central impétueux, à peine dompté, relié aux volcans de la surface par des conduits de feu avec des réserves intermédiaires, les « *pyrophylacies* ». Les volcans manifestent l'activité interne du globe, ce sont des soupiraux par lesquels s'échappe le feu intérieur.

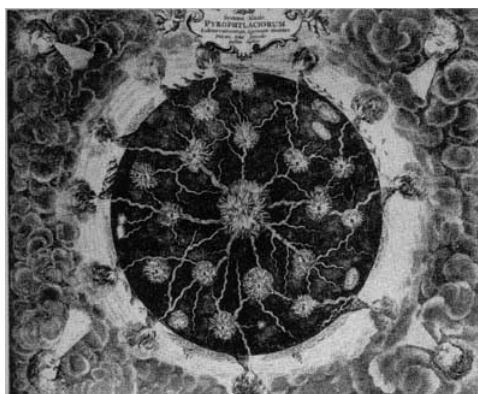


Figure 4. [Le monde souterrain de Kircher.](#)

Peut-on expliquer le Déluge biblique ?

Après Descartes et Kircher, les visions du monde souterrain se multiplient rapidement, avec une grande liberté. Une des motivations est de raconter la formation de la Terre et de proposer une explication scientifique du Déluge biblique.

En 1681, **Burnet** (1635-1715), qui est un théologien réputé, pense que le globe était initialement un chaos fluide de tous les éléments qui s'est mis en ordre par l'effet de la gravité : les parties lourdes descendant vers le centre, les parties légères remontant vers la surface.

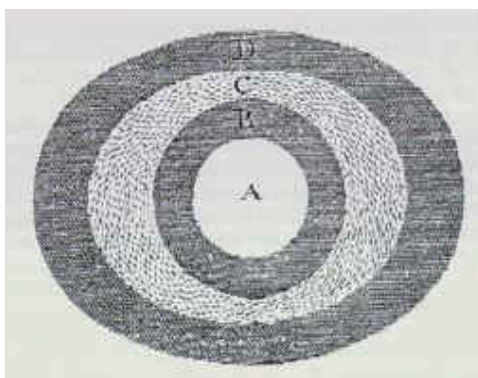


Figure 5. L'intérieur de la Terre selon Burnet.

La Terre est constituée d'une couche interne de terre, puis d'une couche fluide, puis d'une nouvelle couche de terre. Il ajoute au centre un noyau de feu. La couche externe, fissurée par la chaleur du Soleil, s'effondre, provoquant la sortie des eaux et le Déluge. C'est lors de cet épisode que la surface terrestre est façonnée avec ses montagnes et ses bassins océaniques.

Woodward (1665-1728), grand naturaliste de terrain, est marqué par la superposition des couches géologiques, qui forment souvent de véritables empilements. Il suppose en 1695 que toutes les roches ont été dissoutes dans l'eau du Déluge, puis se sont redéposées en couches concentriques par ordre de gravité. La Terre est formée d'une immense sphère aqueuse, recouverte des couches de terrains disposées par ordre des densités. Des fentes ou des ouvertures établissent une communication entre la sphère d'eau interne et le fond des océans.

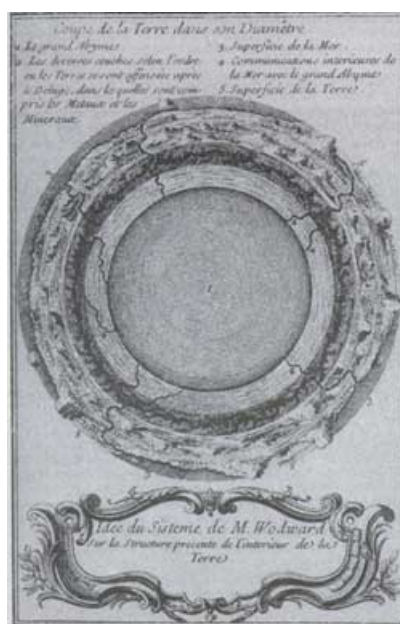


Figure 6. La sphère aqueuse de Woodward.

Whiston (1667-1752), qui est chapelain, imagine en 1696 que la Terre est une ancienne comète. Elle possède un noyau solide chaud, une couche de fluide dense, puis une couche de terre en équilibre sur le fluide : le relief est créé par la différence de densité des parties de la croûte qui s'enfoncent différemment dans le fluide.

Le Déluge survient lors du passage d'une nouvelle comète. Celle-ci abandonne la vapeur d'eau de sa queue à la Terre, ce qui crée les pluies diluviennes, et fissure la couche externe du globe à cause des forces de marées qu'elle exerce, d'où l'irruption des eaux internes. Lorsque la comète s'éloigne, une partie de l'eau du Déluge s'évapore, une autre regagne les profondeurs et une dernière forme les mers : la Terre a acquis son aspect actuel.

Des modèles étonnants

D'autres modèles, qui peuvent paraître plus extravagants, sont proposés.

En 1693, **Halley** (1656-1743), astronome contemporain de Newton, est intrigué par la variation temporelle du champ magnétique de la Terre observée au cours du siècle. Pour l'expliquer, il suppose que la Terre est creuse et

qu'elle contient un noyau aimanté en rotation libre. Plus tard, il émet des propos plus audacieux : la Terre serait formée de trois arches (ou coquilles) et d'un noyau aimantés tournant avec des vitesses différentielles. Les dimensions des sphères internes correspondent aux rayons de Mercure, Mars et Vénus ! Les arches se tiennent en équilibre grâce à la force magnétique qu'elles génèrent et qui s'oppose à la gravitation. Elles sont supposées habitées et séparées les unes des autres par des milieux raréfiés.

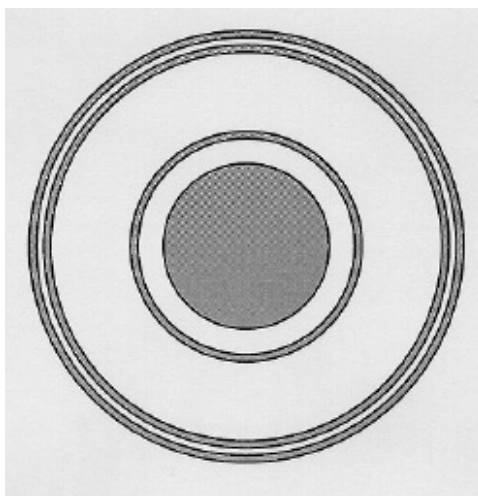


Figure 7. **Les trois arches et le noyau du modèle de Halley.**

En 1721, **Gautier** (1660-1737), un ingénieur des Ponts et chaussées, pense que la Terre est entièrement creuse et qu'elle est comparable à un ballon ou à une vessie pleine d'air ! La mince couche externe, qui a moins de 5 km d'épaisseur en moyenne, est maintenue par deux forces opposées : la gravité et une force provenant de la rotation de la Terre.

Les deux côtés de la croûte sont parfaitement symétriques et ainsi un monde est également possible sur la face interne avec ses mers et ses montagnes ! Le modèle curieux de Terre creuse de Gautier est fondé sur des intuitions géologiques pénétrantes. Gautier explique ainsi les soulèvements et les effondrements de la croûte, ce qu'il ne pouvait pas faire en supposant une Terre pleine.

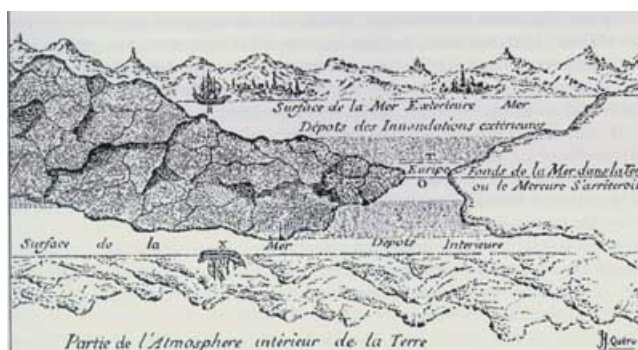


Figure 8. **La Terre creuse de Gautier.**

En 1740, **Moro** (1667-1740), abbé à Venise, affirme que tous les reliefs ont une origine volcanique. Il a été impressionné par la surrection d'une île nouvelle dans l'archipel grec, près de Santorin et pense que les soulèvements de la croûte forment des cavités internes, soit remplies de substances ignées enflammées, soit moulées par un noyau igné déformable.

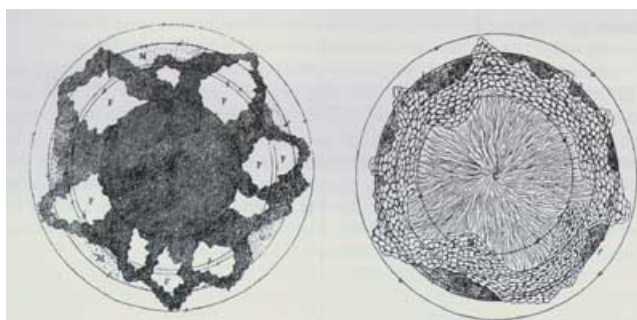


Figure 9. **Les cavités enflammées ou le noyau igné de Moro.**

De l'imagination aux investigations scientifiques

La panoplie des représentations du monde souterrain est donc impressionnante au milieu du XVIII^e siècle. Toutes sont judicieuses mais laquelle est juste ?

En 1749 puis en 1778, **Buffon** (1707-1787), intendant au Jardin du Roi, se propose de développer une théorie de la Terre qui repose sur des arguments solides, durement éprouvés, acceptables pour tous.



Figure 10. **Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon (1707-1788).**

Il affirme que la Terre est pleine, en s'appuyant sur la direction que prend un fil à plomb dans le voisinage d'une montagne. Il avance également, en donnant trois arguments, que le globe a été entièrement fondu au début de son histoire. Le premier est la forme aplatie de la Terre qui n'a pu être acquise que si le globe a été à un moment de son histoire malléable, donc en fusion. Le deuxième est les mesures de température dans les mines qui montrent que la Terre possède une chaleur propre. Le troisième est la nature des roches des régions montagneuses qui sont le résultat d'une fusion.

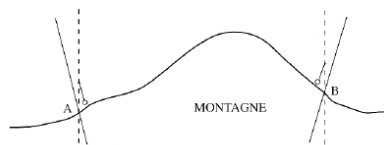


Figure 11. **La déviation de la verticale.**

Aux stations A et B, les verticales (direction du fil à plomb) sont données par les lignes pleines alors qu'en l'absence de la montagne (qui possède une capacité d'attraction), elles seraient données par les lignes pointillées. Si la Terre est creuse, la montagne représente une masse importante par rapport à la masse totale de la Terre et la déviation doit être grande. Si au contraire la Terre est pleine, la montagne ne représente plus qu'une masse insignifiante et la déviation engendrée est très faible. C'est ce qui est observé.

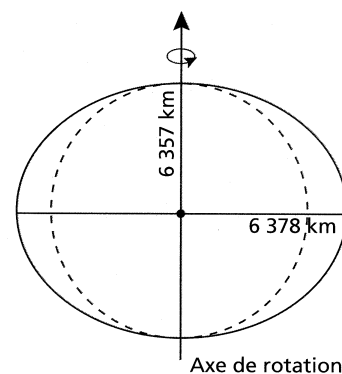


Figure 12. **La forme aplatie de la Terre.**

La forme aplatie de la Terre résulte de la force centrifuge développée par la rotation terrestre, qui chasse les particules vers l'équateur et qui augmente le rayon équatorial de 20 km par rapport au rayon polaire.

L'« océan de magma » interne

Aux alentours de 1800, la géologie prend son essor et la vision de la Terre se modifie encore. Les savants qui s'interrogent sur la Terre ne sont plus des philosophes ou des théologiens mais des géologues de terrain.

Cordier (1777-1861), en poursuivant les travaux de **Fourier** (1768-1830), observe en 1827 que la température dans les

mines augmente de 1 degré tous les 25 mètres de descente. Si la progression se poursuit, la température de l'eau bouillante est atteinte à 2,5 km de profondeur (ce qui est confirmé, le croit-on à l'époque, par les sources d'eau chaude) et dès 50 km de profondeur, on trouve une température de 1600°C, température à laquelle toutes les roches de la surface sont fondues.

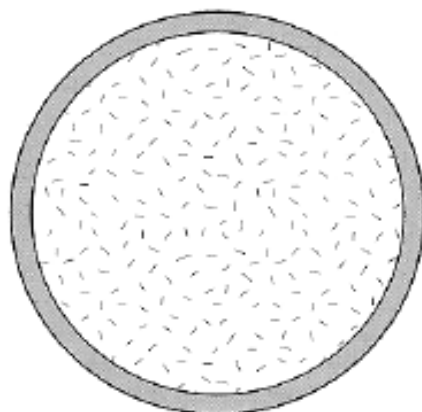


Figure 13. **La Terre en fusion de Cordier.**

Le globe serait donc constitué d'une énorme masse en fusion, recouvert d'une mince écorce solide ! L'idée est séduisante car elle permet d'expliquer les volcans (communications directes entre la surface et la masse fondue sous-jacente), les tremblements de terre (conséquences des mouvements internes du fluide), mais aussi la formation des montagnes (la Terre en se refroidissant se contracte, ce qui crée des ruptures et des plissements).

La Terre, fluide ou solide ?

L'idée d'un globe en fusion satisfait la majorité des géologues car elle permet une explication unifiée du globe. Des objections s'élèvent cependant et une polémique s'engage.

Certains, tels **Davy** (1778-1829), **Ampère** (1775-1836), **Poisson** (1781-1840) ou **Lyell** (1794-1875), prétendent que la chaleur intérieure de la Terre ne provient pas d'une fusion originelle mais de réactions thermiques exothermiques, dues à l'oxydation des métaux alcalins. **Jules Verne** (1828-1905), dans son roman *Voyage au centre de la Terre* paru en 1865, reprendra les arguments.

Hopkins (1793-1866) remarque en 1839 que les affirmations de Cordier sur la fusion interne ne sont pas justifiées car la température de fusion des roches dépend de la pression. Si une roche fond à 1000°C en surface, il lui faut une température bien plus élevée pour entrer en fusion à 100 km de profondeur, où la pression est bien plus importante. Pour connaître l'état des roches internes, il faut donc savoir qui, de la température ou de la pression, a la plus grande influence, et seuls des expériences de laboratoire, impossibles à réaliser à l'époque, pourraient lever l'indétermination. Devant l'insuffisance et l'incertitude des données, Hopkins s'en tient à trois hypothèses remarquables.

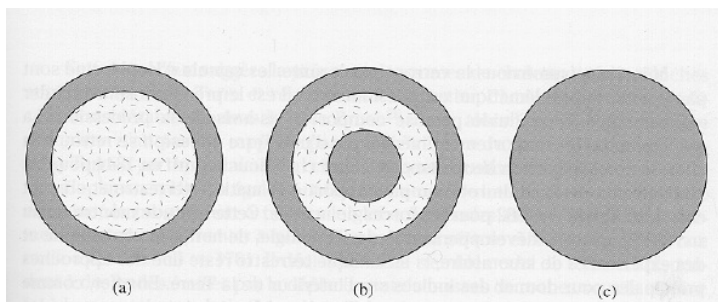


Figure 14. **Les trois modèles proposés par Hopkins.**

a) si la température s'accroît suffisamment avec la profondeur pour dépasser l'influence de la pression, le globe est en fusion sous une croûte dont on ne peut pas connaître directement l'épaisseur.

b) si l'influence de la pression augmente plus rapidement que celle de la température, la solidification a commencé au centre, et comme en même temps le refroidissement créait une croûte en surface, le globe est formé d'une enveloppe solide, d'une couche intermédiaire en fusion et d'un noyau solide.

c) si le refroidissement est complet, le globe est entièrement solide.

Lord **Kelvin** (1824-1907), en 1862, défend avec vigueur une Terre entièrement solide. Il argumente que si la Terre était en fusion, la masse fluide interne devrait subir des marées importantes, exactement comme les océans de la surface. Ces marées internes devraient déformer intensément le sol, le soulever et l'abaisser alternativement, ce qui n'arrive pas.

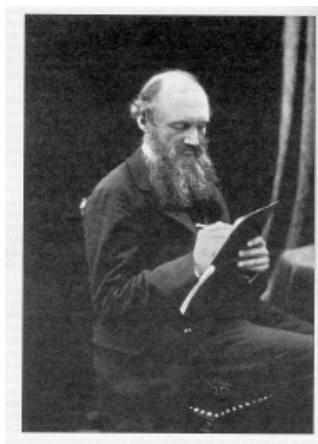


Figure 15. **William Thomson Lord Kelvin (1824-1907).**

Lord Kelvin observe cependant que les marées océaniques sont légèrement réduites par rapport aux prédictions théoriques. Ceci montre que la Terre se comporte comme un solide élastique, dont les propriétés sont sensiblement les mêmes que celles de l'acier. Le globe est donc solide et les seules parties en fusion sont les réservoirs de magmas sous les volcans. Il s'oppose donc énergiquement au modèle fluide défendu par les géologues.

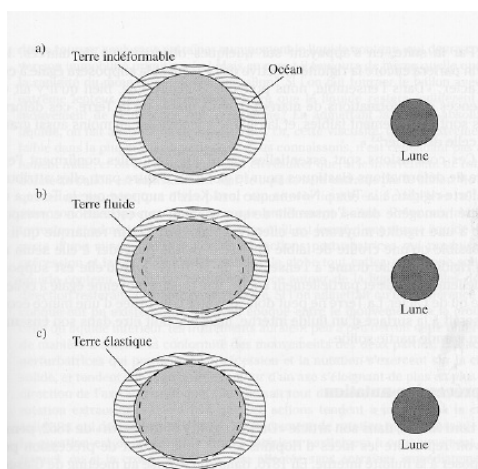


Figure 16. **Déformation de la Terre sous l'influence des forces de marées.**

a) Si la Terre est absolument indéformable, seule l'eau des océans est mise en mouvement par les forces de marées.

b) si la Terre est fluide, elle se déforme complètement sous l'influence des forces de marées et l'eau des océans ne fait que suivre les mouvements du sol : les marées océaniques n'existent plus.

c) si la Terre se comporte comme un solide élastique, les marées océaniques correspondent à la différence entre la déformation fluide des océans et la déformation élastique du sol.

Dans les années 1870-1880, la controverse sur la fluidité intérieure de la Terre reste vive. **Fischer** cherche à réaliser un compromis en supposant que la Terre est composée d'une croûte solide d'une faible épaisseur, d'une couche intermédiaire fluide également de faible épaisseur, et d'un noyau solide. Ce modèle vérifie la condition de lord Kelvin d'un globe possédant en moyenne les propriétés élastiques de l'acier, tout en permettant de conserver les explications habituelles des phénomènes géologiques.

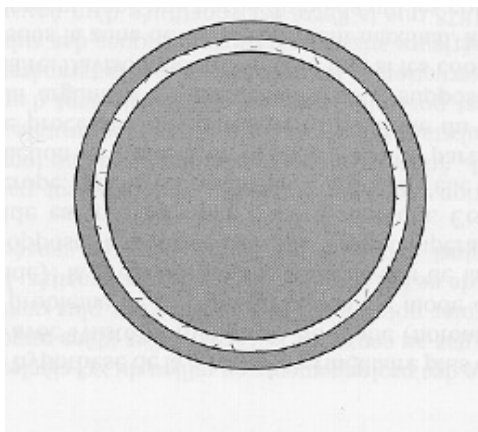


Figure 17. Le modèle de Terre consensuel des années 1880.

Un noyau de fer

Parallèlement à la polémique sur l'état physique de l'intérieur du globe, des recherches sont effectuées sur la répartition interne des densités. En s'appuyant sur l'observation des météorites, **Édouard Albert Roche** (1820-1883) présente en 1881 un modèle de Terre à deux couches : un noyau ferreux dont la densité est voisine de 7, recouvert d'une couche pierreuse de densité 3, dont l'épaisseur n'atteint pas 1/6 du rayon entier.

La densité de l'enveloppe est déterminée grâce aux relevés géologiques alors que la densité et la dimension du noyau sont déterminés par le calcul pour satisfaire deux conditions : la densité moyenne de la Terre égale à 5,5 et son aplatissement qui dépend de la répartition interne des densités.

En 1897, **Emil Wiechert** (1861-1928) propose un modèle semblable et en 1909, **Eduard Suess** (1831-1914) nomme le noyau *nife* (composé de fer et de nickel), l'enveloppe *sima* (essentiellement composé de silicium et de magnésium), et les continents *sial* (essentiellement composée de silicium et d'aluminium). Les valeurs numériques retenues par Roche et Wiechert ne sont pas exactes : en sous-estimant l'influence de la compressibilité, ils obtiennent des valeurs de densités trop faibles et par compensation une dimension du noyau trop grande. Ces modèles sont toutefois cohérents et serviront de référence pour les premières interprétations des sismogrammes.

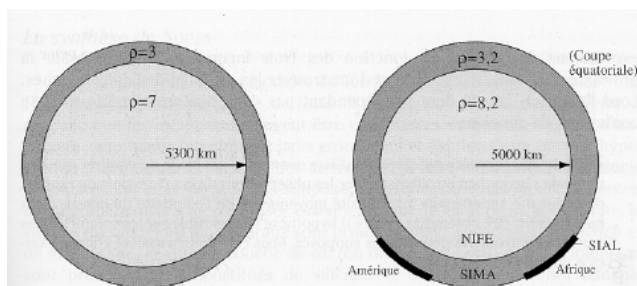


Figure 18. Modèle de Terre en densité calculé par Roche en 1881 (gauche) et Wiechert en 1897 (droite).

ρ est la densité.

Un noyau de gaz ?

Ritter suppose en 1878 que la Terre est constituée d'un noyau de gaz et d'une croûte solide. Il observe en effet que la température à l'intérieur de la Terre doit dépasser la température critique des substances connues, température à partir de laquelle il n'y a plus de transition brutale entre le liquide et le gaz mais une transition continue. De plus le dégazage des volcans ne montre-t-il pas la présence de gaz à l'intérieur du globe ?

Gunther amplifie en 1884 les idées de Ritter et avance que la Terre est composée d'une croûte solide, d'une couche en fusion et d'un noyau de gaz. Le modèle devient populaire lorsqu'un scientifique de renom, **Arrhenius** (1859-1927), l'adopte en 1900. Il sera néanmoins éclipsé par le développement de la sismologie.

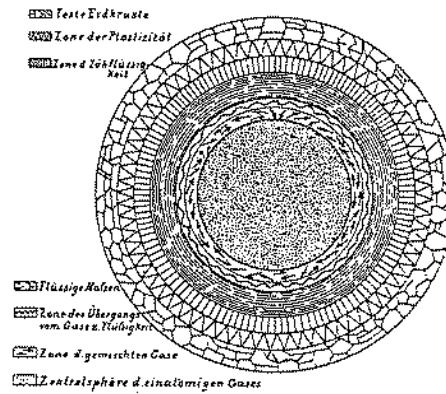


Figure 19. Le modèle de Gunther avec un noyau de gaz, des couches intermédiaires en fusion et des couches externes solides.

Le modèle sismologique

L'auscultation sismologique permet à partir du début du XX^{ème} siècle de renouveler entièrement les modèles de Terre. La détection des ondes de cisaillement (qui ne se propagent pas dans les liquides) montre que le globe se comporte comme un corps solide élastique, du moins dans toute sa partie supérieure. Les géologues doivent donc revoir leur copie et reprendre leurs explications des volcans et de la formations des montagnes !

Oldham (1858-1936) construit en 1906 un premier modèle de Terre sismologique. Sur les courbes temps-distances qu'il vient de tracer, il remarque que les ondes S subissent un retard d'une dizaine de minutes pour des distances épacentrales supérieures à 120-130°. Il l'explique en disant que ces ondes traversent une région centrale où la vitesse est sensiblement inférieure à celle existant dans l'enveloppe extérieure et il pense ainsi mettre en évidence une discontinuité sismologique majeure vers 3800 km de profondeur.

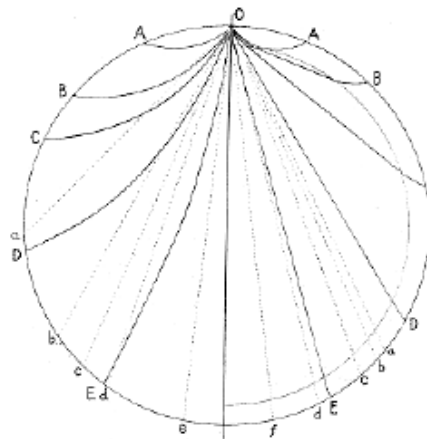


Figure 20. Le trajet des ondes sismiques dans la Terre selon Knott en 1908.

En 1909, **Mohorovicic** observe un accroissement des vitesses sismiques sous la Croatie à environ 54 km de profondeur. Cet accroissement est ensuite confirmé par d'autres sismologues dans différentes régions du monde; il est interprété comme l'interface entre la croûte et le manteau.

En 1912, **Gutenberg** (1889-1960) repositionne la discontinuité d'Oldham vers 2900 km de profondeur (qui est la valeur adoptée de nos jours). Il observe que les ondes P émises par un séisme sont enregistrées normalement jusqu'à la distance épacentrale de 105°.



Figure 21. [Beno Gutenberg \(1889-1960\)](#).

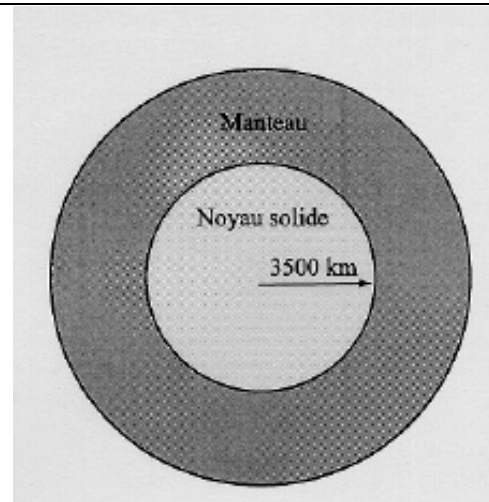


Figure 22. [La Terre solide de Gutenberg](#).

Les dimensions du noyau de fer ont été considérablement réduites depuis les modèles de Roche et de Wiechert.

Entre 105 et 142°, les ondes P ne sont plus observées, puis à 142°, elles réapparaissent. C'est le phénomène de « *zone d'ombre* » que Gutenberg explique comme le résultat de la réfraction des ondes P à travers une discontinuité marquant une chute brutale de la vitesse des ondes. En 1923, il interprète cette discontinuité comme l'interface entre le noyau et l'enveloppe de Wiechert.

Un noyau fluide ?

Pour une grande majorité de sismologues du début du siècle, le globe est entièrement solide et le noyau possède même une rigidité supérieure à celle de l'enveloppe. Si les ondes S traversant le noyau ne sont pas directement observées, c'est parce que la qualité des sismogrammes n'est pas encore suffisante pour les détecter mais leur existence n'est pas mise en doute...

En 1926 [Jeffreys](#) (1891-1989) prouve la fluidité du noyau métallique. Il ne s'appuie pas sur l'[absence de transmission des ondes S](#) (qui est aujourd'hui le critère habituel de la fluidité) mais sur un raisonnement indirect, en montrant que la rigidité déduite de la propagation des ondes dans l'enveloppe est supérieure à la rigidité déduite de l'étude de la déformation élastique de la Terre sous l'influence des marées. L'opinion de Jeffreys est rapidement adoptée par la communauté scientifique.

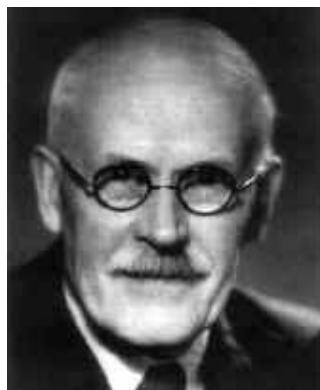


Figure 23. [Harold Jeffreys \(1891-1989\)](#).

La découverte de la graine

En 1936, **Inge Lehmann** (1888-1993) découvre que le noyau liquide de la Terre contient une partie centrale distincte : la graine. La « zone d'ombre » entre 105 et 142° n'est pas entièrement vide mais on y observe l'arrivée d'ondes P, interprétées comme des ondes diffractées à la frontière du noyau. Lehmann montre que ces ondes reçoivent une explication bien plus satisfaisante si l'on suppose qu'elles ont été réfléchies à la surface d'une partie centrale. L'interprétation est reçue avec enthousiasme et les dimensions de la graine sont fixées par Gutenberg en 1938 et par Jeffreys en 1939 entre 1200 et 1250 km (la détermination actuelle est de 1221 km).



Figure 24. **Inge Lehmann (1888-1993).**

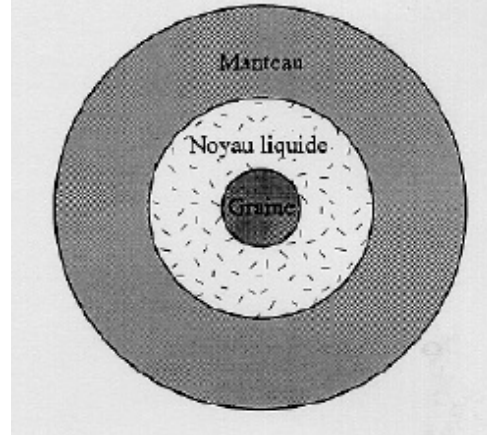


Figure 25. **La graine solide de la Terre découverte par Lehmann.**

Birch affirme en 1940 que la graine est solide mais l'assertion n'est vraiment confirmée que dans les années 1960 par l'analyse des oscillations propres de la Terre. Les grandes structures de la Terre sont reconnues.

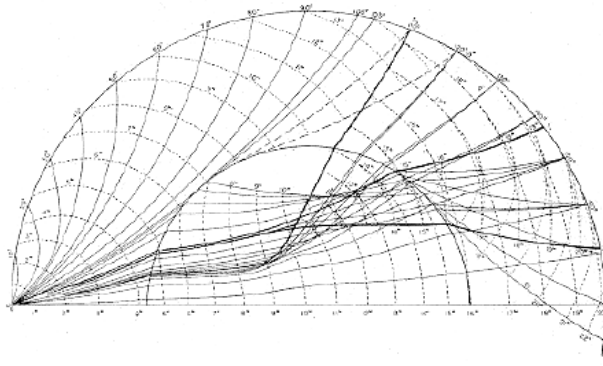


Figure 26. **Le trajet des ondes sismiques selon Gutenberg et Richter en 1939.**

On notera l'évolution des conceptions depuis le schéma de Knott en 1908.

Les premiers profils de densité

Pour déterminer la variation de la densité avec la profondeur à partir des vitesses sismiques, il est nécessaire de posséder une équation d'état reliant les différents paramètres élastiques entre eux. En 1923, **Adams** et **Williamson** franchissent l'étape essentielle en établissant leur équation, qui permet de calculer les variations de la densité due à la compression dans les régions homogènes du globe.

En 1936, **Bullen** en fait la première application à la Terre et établit le premier profil de densité en supposant le globe constitué de différentes enveloppes concentriques homogènes. Il n'aura ensuite cessé de le perfectionner.

En 1952, **Birch** montre que l'équation d'Adams-Williamson est valable dans le manteau inférieur et le noyau mais qu'elle ne peut pas être appliquée dans la partie supérieure du manteau. Pour pallier ce défaut, il développe une équation d'état empirique reliant la vitesse des ondes P à la densité.

L'équation d'Adams-Williamson et la loi de Birch sont à la base des calculs modernes du profil de densité.

Bibliographie

V. Deparis et H. Legros, *Voyage à l'intérieur de la Terre. De la géographie antique à la géophysique actuelle. Une histoire des idées*. Paris, CNRS Editions, 2000.

Citations

Quelques citations relatives à l'histoire des conceptions sur les profondeurs du globe

Jean Buridan pense que la terre et l'eau forment deux sphères décalées l'une par rapport à l'autre : Jean Buridan pense que la terre et l'eau forment deux sphères décalées l'une par rapport à l'autre.

"Première conclusion. Toutes choses égales d'ailleurs, et sous le même volume, la terre que l'eau recouvre est plus grave que la terre découverte ; le Soleil, en effet, chauffe davantage la terre découverte ; comme nous l'avons dit précédemment, celle-ci devient plus poreuse, elle participe davantage de l'air qui se trouve dans ses pores ou qui lui est mêlé, et aussi des gaz."

"Seconde conclusion. Le centre de gravité de la terre n'est pas le même point que le centre de grandeur. Nous parlons ici de la masse totale de la terre."

"Troisième conclusion. De là il résulte que le volume terrestre n'est pas concentrique mais excentrique au Monde. On nomme en effet concentrique au Monde ce dont le centre coïncide avec le centre du Monde ; c'est le centre de gravité de la terre qui est le centre du Monde, car c'est en raison de sa pesanteur, et non de sa grandeur, que la terre occupe le lieu central ; c'est en vertu de sa pesanteur qu'elle s'équilibre au centre du Monde comme deux poids égaux se font, l'un à l'autre, équilibre dans une balance, bien que leurs volumes soient inégaux."

"Quatrième conclusion. Lors même que la terre tout entière serait rendue parfaitement sphérique, comme il arriverait si, demain, Dieu prenait les montagnes pour combler les vallées, la partie que la mer recouvre aujourd'hui n'en continuerait pas moins d'être recouverte, et la partie qui est découverte resterait découverte. [...] En voici la cause : l'eau coule toujours au plus bas lieu, c'est-à-dire au lieu le plus rapproché du centre du Monde ; or la surface de l'hémisphère le plus pesant se trouverait ainsi plus bas placée et la surface de l'hémisphère le plus léger serait plus haut ; la mer, donc, délaisserait la partie la plus élevée pour couler vers la plus basse. De là suit ce corollaire : il n'est pas nécessaire d'imaginer que les océans résident dans une vallée ou une partie concave de la surface terrestre ; ils recouvrent la partie la plus basse de cette surface, et ils la recouvriraient encore, si la terre entière était parfaitement sphérique et ne présentait aucune partie concave. Mais touchant les mers partielles, force est de considérer qu'elles se trouvent dans des vallées ou des parties concaves de la terre ; au-dessous d'elles la terre est déprimée par rapport à sa sphéricité." (J. Buridan, In P. Duhem, *Le Système du Monde*, tome IX, Paris, Hermann, 1958, p. 199-200.) [Retour](#)

Selon **Descartes**, la Terre acquiert son aspect actuel à la suite de l'effondrement de la couche superficielle dans les parties internes.

"Or, y ayant plusieurs fentes dans le corps E ; lesquelles s'augmentaient de plus en plus, elles sont enfin devenues si grandes qu'il n'a pu se soutenir plus longtemps par la liaison de ses parties, et que la voûte qu'il composait se crevant tout d'un coup, sa pesanteur l'a fait tomber en grandes pièces sur la superficie du corps C. Mais parce que cette superficie n'était pas assez large pour recevoir toutes les pièces de ce corps en la même situation qu'elles avaient été auparavant, il a fallu que quelques-unes soient tombées de ce côté et se soient appuyées les unes contre les autres [pour former les montagnes et les plaines]. De plus, à cause que la matière du corps D est liquide et moins pesante que les pièces du corps E, elle a dû non seulement occuper tous les recoins et tous les passages qu'elle a trouvés au-dessous d'elle, mais aussi, à cause qu'elle n'y pouvait être toute contenue, elle a dû monter en même temps au-dessus des plus basses [et former les mers]." (R. Descartes, *Principes de la philosophie*, 1644, in *Oeuvres philosophiques*, Paris, Garnier, 1973, p. 384-385.) [Retour](#)

Kircher présente une vision de la Terre où le feu joue un rôle primordial.

"Système idéal des Réserves de Feu souterraines dont les volcans sont les soupiraux. Cette figure représente les nids de la chaleur ou de feu, ou, ce qui est la même chose, les réserves de feu réparties, selon la merveilleuse

création de Dieu, dans l'ensemble des entrailles terrestres., afin que nulle part il n'en manque, tant c'est nécessaire à la conservation de la terre. Qu'on n'aille pas croire toutefois que ce feu a été réellement disposé suivant la figure ni que les bouches de feu ont été ainsi distribuées. Qui en effet a pu observer cela, lequel d'entre les humains a jamais pu pénétrer jusque là ? Par cette figure, nous avons seulement voulu montrer que les entrailles de la terre sont pleines de bouches et de réserves de feu, qu'elles soient disposées de cette manière ou d'une autre. Depuis le centre donc, nous avons conduit le feu, par tous les chemins du monde souterrain, jusqu'aux volcans eux-mêmes qui se trouvent à la surface. [...] Les canaux qui conduisent le feu sont de minuscules fissures de la terre, par lesquelles se répandent les souffles ignés." (A. Kircher, *Mundus subterraneus*, 1665.) [Retour](#)

Pour **Burnet**, la Terre se forme par décantation d'un Chaos originel sous l'effet de la gravité.

"Par le Chaos j'entends la matière de la terre et du ciel, sans forme ni ordre, réduite en une masse fluide qui renferme toutes les matières et les ingrédients de tous les corps, mais mélangés et confondus les uns avec les autres. [...] Le premier changement qui se produirait serait que les parties les plus lourdes et les plus grossières s'enfonceraient en son milieu (car nous supposons que là se trouve son centre de gravité) et le reste flotterait au-dessus. Ces grosses parties ainsi enfoncées seraient de plus en plus comprimées et se durciraient par degrés pour constituer les parties intérieures de la Terre. Le reste de la masse, qui flotterait au-dessus, serait également divisé selon le même principe de gravitation en deux ordres de corps, l'un liquide comme l'eau, l'autre volatile comme l'air. [...] L'air était en ce temps encore épais, grossier et sombre, à cause de l'abondance des petites particules terrestres qu'il contenait encore, après que les plus grossières se soient enfoncées vers le bas plus facilement et plus vite en raison de leur poids et de leur forme grossière. Les particules plus légères et plus fines s'enfonceraient à leur tour, mais plus lentement et sur une durée plus longue, de sorte que dans leur descente elles rencontreraient cette liqueur grasse flottant à la surface des profondeurs ou sur la masse aqueuse ; la liqueur les accrocherait et les empêcherait d'aller plus loin ; en se mélangeant avec cette substance onctueuse, les particules auraient composé une espèce de vase ou de terre grasse, meuble et légère, répartie sur la surface des eaux [c'est la croûte superficielle]. [...] Et le globe tout entier se tint dans cette posture." (T. Burnet, *Sacred Theory of the Earth*, 1681 ; réédition Carbondale, Southern Illinois University Press, 1965, p. 54-58.) [Retour](#)

Woodward suppose que la Terre renferme un noyau d'eau qui a permis la dissolution de tous les éléments lors du Déluge.

"Il y a une quantité prodigieuse d'eau renfermée dans les entrailles de la terre et cette eau forme un globe d'une grosseur énorme en son centre : la surface de ce globe d'eau est couverte de couches de terre et ce que Moïse appelle l'abysme ou la grande mer n'est autre chose que ce globe d'eau que les anciens payens ont appelé Erebe ou Tartare. Dans les temps du Déluge, lorsque l'eau couvrit toute la terre, la pierre, le marbre, les métaux, toutes les concrétions minérales [...] furent entièrement [dissoutes] et les particules qui les composaient furent séparées et désunies. A la fin, tous ces corps qui étaient élevés dans l'eau se précipitèrent de nouveau, et tombèrent au fond ; ils descendirent selon les lois de la pesanteur. [...] L'eau de ce globe communique avec celle de l'océan, en passant par de certaines fentes ou ouvertures qui établissent une communication entre ce globe et le fond de l'océan. [...] Mais, dans tous les endroits où les couches sont rompues ou assez molles et poreuses pour que l'eau puisse les pénétrer, l'eau de ce globe monte et remplit toutes les fentes où elle trouve le moyen de s'insinuer." (J. Woodward, *An Essay towards the Natural History of the Earth*, Londres, 1695 ; trad. française, *Géographie physique ou essai sur l'histoire naturelle de la terre*, Paris, Briasson, 1735.) [Retour](#)

Halley explique la variation temporelle du champ magnétique terrestre en supposant que la Terre est composée d'une coquille et d'un noyau aimantés en rotation différentielle.

"Ainsi les parties externes du globe peuvent être considérées comme la coquille, et les parties internes comme le noyau ou un globe intérieur qui est contenu dans le nôtre ; entre les deux se trouverait un milieu fluide. Ayant les mêmes centre et axe diurne, ce globe intérieur peut tourner avec notre Terre toutes les 24 heures. Mais comme le mouvement turbinant de cette sphère extérieure est un peu plus rapide ou un peu plus lent que celui de la boule interne et que les différences minimales de vitesse deviennent sensibles après de nombreuses répétitions, les parties internes régressent par rapport aux externes, et n'avancent pas à la même vitesse. Ainsi, les deux sphères semblent progressivement se déplacer vers l'est ou l'ouest par la différence de leur mouvement. [...] Si cette coquille extérieure de la Terre est un aimant dont les pôles sont loin des pôles de rotation diurne, si le noyau interne est également un aimant dont les pôles sont à deux autres endroits également éloignés de l'axe et si ces pôles par un mouvement lent et progressif changent de place par rapport aux pôles externes, nous pouvons alors raisonnablement rendre compte des quatre pôles magnétiques dont je suppose avoir démontré l'existence ; il en va de même des modifications des variations des aiguilles, ce qui n'a jusqu'à présent jamais été tenté." (E. Halley, *An Account of the cause of the Change of the Variation of the Magnetical Needle, with an Hypothesis of the Structure*

of the Internal parts of the Earth", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1693, p. 568.) [Retour](#)

Gautier argumente en faveur de son globe creux constitué d'une mince couche en équilibre.

"Je vais dans toutes les Carrières d'où l'on tire de la pierre ou d'autres matériaux, soit plâtre, glaise, charbon de pierre & autre, je trouve par-tout des couches réglées de différentes matières, avec des marques de la Mer en differens coquillages, depuis le haut des montagnes jusques dans les lieux les plus creux, où les hommes vont travailler pour tirer les différentes matières dont ils ont besoin, & qui me font conjecturer que la surface de la terre dans tout ce que j'ai pû découvrir en France, que j'ai parcouru dans la plûpart de ses Provinces les plus éloignées de la Mer, a pû être autrefois le fond d'une Mer, dont on ne peut rapporter aucune connoissance, comme le fond des Mers d'aujourd'hui ont pû être des Continents autrefois que des Peuples ont habité, & que le déluge a pû engloutir. Comment enfin tous ces prodiges se peuvent-ils faire, lorsque la Terre tremble en certaines parties de ses Continents, soit en effondrant des montagnes, soit en faisant sortir de la Mer, s'il n'y avoit des causes qui fissent ensevelir les unes dans des vuides souterrains, où ces effondrements vont prendre place, & ceux qui sortent au-dessus de la superficie de la Mer qui forment des Isles ? Comment peuvent-ils occuper des espaces qui leurs cèdent, si au-dessous d'eux il n'y avoit pas des causes qui poussent au-dehors du sein de la Terre ces matières ? Et comment enfin peut-on penser à tout cela, & que ces choses puissent arriver, si l'on suppose que la Terre est toute solide ? au lieu que si on l'imagine faite d'une croûte, telle que je l'ai proposé dans les conjectures que j'ai données au Public, on peut donner des raisons assez vraisemblables à tous ces phénomènes & tremble-terres, que je ne vois pas que l'on puisse expliquer autrement." (H. Gautier, *La Bibliothèque*, t. III, 1734, p.203-204.) [Retour](#)

Buffon affirme que la Terre n'est ni vide ni remplie d'une matière plus dense que celle de la surface en s'appuyant sur des considérations sur l'attraction exercée par la croûte et les montagnes.

"Si la Terre étoit un globe creux et vuide, dont la croûte n'auroit, par exemple, que deux ou trois lieues d'épaisseur, il en résulteroit, 1° que les montagnes seroient dans ce cas des parties si considérables de l'épaisseur totale de la croûte, qu'il y auroit une grande irrégularité dans les mouvemens de la Terre par l'attraction de la Lune et du Soleil ; car quand les parties les plus élevées du globe, comme les Cordillères, auroient la Lune au méridien, l'attraction seroit beaucoup plus forte sur le globe entier que quand les parties les plus basses auroient de même cet astre au méridien ; 2° l'attraction des montagnes seroit beaucoup plus considérable qu'elle ne l'est en comparaison de l'attraction totale du globe, et les expériences faites à la montagne Chimborazo au Pérou donneroient dans ce cas plus de degrés qu'elles n'ont donné de secondes pour la déviation du fil à plomb ; 3° la pesanteur des corps seroit plus grande au-dessus d'une haute montagne, comme le pic de Ténériffe, qu'au niveau de la mer, en sorte qu'on se sentirait considérablement plus pesant et qu'on marcheroit plus difficilement dans les lieux élevé que dans les lieux bas. Ces considérations, et quelques autres qu'on pourrait y ajouter, doivent nous faire croire que l'intérieur du globe n'est pas vuide, et qu'il est rempli d'une matière assez dense. D'autre côté, si au-dessous de deux ou trois lieues la Terre étoit remplie d'une matière beaucoup plus dense qu'aucune des matières que nous connoissons, il arriveroit nécessairement que toutes les fois qu'on descendroit à des profondeurs même médiocres, on peseroit sensiblement beaucoup plus, les pendules s'accéléroient beaucoup plus qu'ils ne s'accélèrent en effet lorsqu'on les transporte d'un lieu élevé dans un lieu bas. Ainsi nous pouvons présumer que l'intérieur de la Terre est rempli d'une matière à peu près semblable à celle qui compose sa surface. Ce qui peut achever de nous déterminer en faveur de ce sentiment, c'est que dans le temps de la première formation du globe, lorsqu'il a pris la forme d'un sphéroïde aplati sous les pôles, la matière qui le compose étoit en fusion, et par conséquent homogène et à peu près également dense dans toutes ses parties, aussi-bien à la surface qu'à l'intérieur. [...] Il y a tout lieu de conjecturer, avec grande vrai-semblance, que l'intérieur de la terre est rempli d'une matière vitrifiée dont la densité est à peu près la même que celle du sable, et que par conséquent le globe terrestre en général peut être regardé comme homogène." (Buffon, *Théorie de la Terre*, article premier, 1749 ; in Buffon, *Oeuvres Philosophiques*, Paris, PUF, 1954, p. 75.)

Buffon pense que la Terre était initialement un corps en fusion qui s'est refroidi et consolidé. Il en donne trois preuves.

"Premier fait. La Terre est élevée sur l'équateur et abaissée sous les pôles, dans la proportion qu'exigent les lois de la pesanteur et de la force centrifuge. Second fait. Le globe terrestre a une chaleur intérieure qui lui est propre, et qui est indépendante de celle que les rayons du soleil peuvent lui communiquer. Troisième fait. La chaleur que le soleil envoie à la terre est assez petite en comparaison de la chaleur propre du globe terrestre ; et cette chaleur envoyée par le soleil ne seroit pas seule suffisante pour maintenir la nature vivante. Quatrième fait. Les matières qui composent le globe de la terre sont en général de la nature du verre, et peuvent être toutes réduites en verre. [...] La liquéfaction primitive de la masse entière de la terre par le feu est donc prouvée dans toute la rigueur qu'exige la plus stricte logique : d'abord a priori, par le premier fait de son élévation sur l'équateur et de son abaissement sous

les pôles ; 2° b actu, par le second et le troisième fait de la chaleur intérieure de la terre encore subsistante, 3° a posteriori, par le quatrième fait, qui nous démontre le produit de cette action du feu, c'est-à-dire le verre, dans toutes les substances terrestres." (Buffon, *Les Epoque de la Nature*, 1778 ; in Buffon, *Oeuvres Philosophiques*, Paris, PUF, 1954, p. 120.) [Retour](#)

Cordier, en synthétisant les mesures de température dans les mines, conclut que la Terre est un corps en fusion.

"Nos expériences confirmeront pleinement l'existence d'une chaleur interne, qui est propre au globe terrestre, qui ne tient point à l'influence des rayons solaires, et qui croît rapidement avec la profondeur. [...] L'accroissement est certainement plus rapide qu'on ne l'avait supposé ; il peut aller à un degré pour 15 et même 13 mètres en certaines contrées ; provisoirement le terme moyen ne peut être fixé à moins de 25 mètres. [...] Tout porte donc à croire que la masse intérieure du globe est encore douée maintenant de sa fluidité originaire, et que la terre est un astre refroidi, qui n'est éteint qu'à sa surface, ce que Descartes et Leibniz avoient pensé. [...] Suivant ce qui précède, l'épaisseur moyenne de l'écorce de la terre n'excède probablement pas 20 lieues de 5000 mètre. Je dirai même que, d'après plusieurs données géologiques non encore interprétées, il est à croire que cette épaisseur est beaucoup moindre." (L. Cordier, *Essai sur la température de l'intérieur de la Terre*, Mémoire de l'Académie des Sciences, 1827 ; republié in *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, 15, 161-244, Paris, 1827, p.166, 267.) [Retour](#)

En appliquant sa théorie de la diffusion de la chaleur au globe, **Fourier** découvre que la Terre possède une chaleur centrale très importante.

"La forme du sphéroïde, la disposition des couches intérieures, rendue manifeste par les expériences du pendule, leur densité croissante avec la profondeur et diverses autres considérations concourent à prouver qu'une chaleur très intense a pénétré autrefois toutes les parties du globe. Cette chaleur se dissipe par l'irradiation dans l'espace environnant, dont la température est très inférieure à celle de la congélation de l'eau. Or l'expression mathématique de la loi du refroidissement montre que la chaleur primitive contenue dans une masse sphérique d'une aussi grande dimension que la Terre diminue beaucoup plus rapidement à la superficie que dans les parties situées à une certaine profondeur. Celles-ci conservent presque toute leur chaleur durant un temps immense, et il n'y a aucun doute sur la véracité des conséquences, parce que nous avons calculé ces temps pour des substances métalliques plus conductrices que les matières du globe. [...] Les observations thermométriques montrent que la distribution actuelle de la chaleur dans l'enveloppe terrestre est précisément celle qui aurait lieu si le globe avait été formé dans un milieu d'une très haute température et qu'ensuite il se fût continuellement refroidi." (J. Fourier, in A. D'Archiac, *Géologie et Paléontologie*, Paris, Savy, 1866, p.313.) [Retour](#)

En 1830, la théorie de la chaleur centrale du globe reçoit un consentement presque unanime. C'est le paradigme des sciences de la Terre de l'époque.

"Le génie de Laplace, les calculs de Fourier, les observations positives de Hutton, de Humboldt, d'Arago, de M. de Buch, de d'Aubuisson, de Fox, etc., une compilation heureuse de ces éléments par M. Cordier et quelques expériences qu'il a faites dans les mines, ont achevé de lui donner corps et consistance. En la rapprochant du mode d'origine probable de toutes les planètes, en l'appuyant des lois imprescriptibles de la physique et du mouvement des astres, Laplace lui a imprimé un tel degré de probabilité qui s'approche bien de la certitude. La découverte du parallélisme des chaînes de montagnes de même âge est à la fois une des conséquences les plus fécondes et la meilleure preuve de cette supposition. L'hypothèse de la chaleur centrale est désormais le lien de réunion de tous les faits observés, la seule dans laquelle ces mêmes faits puissent rentrer sans opposition ; c'est là, on peut le dire, un véritable principe ; principe sublime sans lequel la géologie ne serait plus qu'un amas de faits incohérents et inexplicables. La presque totalité des géologues s'y sont rangés ; personne ici, je crois, n'est disposé à le contester." (M. Frapollin, *Réflexions sur la nature et sur l'application du caractère géologique*, *Bulletin de la Société géologique de France*, tome IV, 604-646, 1846-1847, p. 610-611.) [Retour](#)

Ampère propose un modèle chimique de Terre (oxydation des métaux alcalins par infiltration d'eau) pour expliquer la chaleur intérieure.

" Cette hypothèse d'un noyau non oxydé, déjà présentée par Davy comme la seule admissible, explique très bien les volcans, sans qu'on ait besoin de supposer que la Terre ait en elle une chaleur énorme qui serait due à l'état de fusion de toute sa partie intérieure. En effet, cette masse non oxydée est une source chimique intarissable de chaleur qui se manifestera toutes les fois qu'un corps viendra former avec elle quelque combinaison; de sorte qu'un volcan en activité semblerait n'être autre chose qu'une fissure permanente, une correspondance continue du noyau non oxydé avec les liquides qui surmontent la couche oxydée. Toutes les fois qu'a lieu cette pénétration des liquides jusqu'au noyau non oxydé, il se produit des élévations de terrain, et c'est un effet qu'on pouvait prévoir, puisqu'on sait que le métal en s'oxydant doit augmenter de volume. La chaleur résultant de l'action chimique doit avoir son maximum d'intensité au point où se fait la combinaison, c'est-à-dire à la surface de contact de la partie

oxidée avec le noyau métallique, et de là elle doit se propager non seulement vers l'extérieur du globe, mais aussi vers son intérieur. On voit, d'après cela, que la marche de la chaleur dans l'intérieur du globe est une marche centripète ; à mesure que l'oxidation de la croûte va plus avant, la région des actions chimiques, source de la chaleur, s'approche du centre, et la chaleur dégagée se propage, en s'affaiblissant, du dehors vers le dedans, de sorte que si les métaux étaient moins bon conducteurs, on pourrait supposer que ce centre est très froid." (Roulin, "Théorie de la Terre d'après M. Ampère", *Revue des Deux Mondes*, Paris, 3, 96-107, 1833, p. 105-106.)

Ampère ajoute un argument mécanique, repris plus tard par Lord Kelvin, pour s'opposer à la fluidité intérieure de la Terre.

"Ceux qui admettent la liquidité du noyau intérieur de la Terre, paraissent ne pas avoir songé à l'action qu'exercerait la Lune sur cette énorme masse liquide, action d'où résulteraient des marées analogues à celles de nos mers, mais bien autrement terribles, tant par leur étendue que par la densité du liquide. Il est difficile de concevoir comment l'enveloppe de la Terre pourrait résister, étant incessamment battue par une espèce de levier hydraulique de 1400 lieues de longueur." (Roulin, "Théorie de la Terre d'après M. Ampère", *Revue des Deux Mondes*, Paris, 3, 96-107, 1833, p. 105-106.) [Retour](#)

Jules Verne, dans son roman *Voyage au centre de la Terre*, relate les aventures du professeur Lidenbrock et de son neveu Axel qui viennent de découvrir un ancien manuscrit indiquant qu'un volcan islandais, le Sneffels, permet l'accès aux profondeurs du globe. Axel tente de dissuader son oncle d'entreprendre une telle expédition et s'écrie :

- "C'est que toutes les théories de la science démontrent qu'une pareille entreprise est impraticable!
- Toutes les théories disent cela? répondit le professeur en prenant un air bonhomme. Ah! les vilaines théories! Comme elles vont nous gêner, ces pauvres théories!"

Je vis qu'il se moquait de moi, mais je continuai néanmoins :

"Oui! il est parfaitement reconnu que la chaleur augmente environ d'un degré par soixante-dix pieds de profondeur au-dessous de la surface du globe ; or, en admettant cette proportionnalité constante, le rayon terrestre étant de quinze cents lieues, il existe au centre une température qui dépasse deux cent mille degrés. Les matières de l'intérieur de la terre se trouvent donc à l'état de gaz incandescent, car les métaux, l'or, le platine, les roches les plus dures, ne résistent pas à une pareille chaleur. J'ai donc le droit de demander s'il est possible de pénétrer dans un semblable milieu!

- Ainsi, Axel, c'est la chaleur qui t'embarrasse ?
- Sans doute. Si nous arrivions à une profondeur de dix lieues seulement, nous serions parvenus à la limite de l'écorce terrestre, car déjà la température est supérieure à treize cents degrés.
- Et tu as peur d'entrer en fusion?
- Je vous laisse la question à décider, répondis-je avec humeur.
- Voici ce que je décide, répliqua le professeur Lidenbrock en prenant ses grands airs : c'est que ni toi ni personne ne sait d'une façon certaine ce qui se passe à l'intérieur du globe, attendu qu'on connaît à peine la douze-millième partie de son rayon ; c'est que la science est éminemment perfectible, et que chaque théorie est incessamment détruite par une théorie nouvelle. N'a-t-on pas cru jusqu'à Fourier que la température des espaces planétaires allait toujours diminuant, et ne sait-on pas aujourd'hui que les plus grands froids des régions éthérées ne dépassent pas quarante ou cinquante degrés au-dessous de zéro ? Pourquoi n'en serait-il pas ainsi de la chaleur interne? Pourquoi, à une certaine profondeur, n'atteindrait-elle pas une limite infranchissable, au lieu de s'élever jusqu'au degré de fusion des minéraux les plus réfractaires?"

Mon oncle plaçant la question sur le terrain des hypothèses, je n'eus rien à répondre.

- Eh bien, je te dirai que de véritables savants, Poisson entre autres, ont prouvé que, si une chaleur de deux cent mille degrés existait à l'intérieur du globe, les gaz incandescents provenant des matières fondues acquerraient une élasticité telle que l'écorce terrestre ne pourrait y résister et éclaterait comme les parois d'une chaudière sous l'effort de la vapeur.

- C'est l'avis de Poisson, mon oncle, voilà tout.
- D'accord, mais c'est aussi l'avis d'autres géologues distingués, que l'intérieur du globe n'est formé ni de gaz, ni d'eau, ni des plus lourdes pierres que nous connaissons, car dans ce cas, la terre aurait un poids deux fois moindre.
- Oh! avec les chiffres on prouve tout ce qu'on veut!
- Et avec les faits, mon garçon, en est-il de même ? N'est-il pas constant que le nombre des volcans a

considérablement diminué depuis les premiers jours du monde ? et, si chaleur centrale il y a, ne peut-on pas en conclure qu'elle tend à s'affaiblir ?

- Mon oncle, si vous entrez dans les champs des suppositions, je n'ai plus à discuter.

- Et moi j'ai à dire qu'à mon opinion se joignent les opinions de gens fort compétents. Te souviens-tu d'une visite que me fit le célèbre chimiste anglais Humphry Davy en 1825 ?

- Aucunement, car je ne suis venu au monde que dix-neuf ans après.

- Eh bien Humphry Davy vint me voir à son passage à Hambourg. Nous discutâmes longtemps, entre autres questions, l'hypothèse de la liquidité du noyau intérieur de la terre. Nous étions tous deux d'accord que cette liquidité ne pouvait exister, par une raison à laquelle la science n'a jamais trouvé de réponse.

- Et laquelle ? dis-je un peu étonné.

- C'est que cette masse liquide serait sujette, comme l'Océan, à l'attraction de la lune, et conséquemment, deux fois par jour, il se produirait des marées intérieures qui, soulevant l'écorce terrestre, donneraient lieu à des tremblements de terre périodiques !

- Mais il est pourtant évident que la surface du globe a été soumise à la combustion, et il est permis de supposer que la croûte extérieure s'est refroidie d'abord, tandis que la chaleur se réfugiait au centre.

- Erreur, répondit mon oncle ; la terre a été échauffée par la combustion de sa surface, non autrement. Sa surface était composée d'une grande quantité de métaux, tels que le potassium, le sodium, qui ont la propriété de s'enflammer au seul contact de l'air et de l'eau ; ces métaux prirent feu quand les vapeurs atmosphériques se précipitèrent en pluie sur le sol ; et peu à peu, lorsque les eaux pénétrèrent dans les fissures de l'écorce terrestre, elles déterminèrent de nouveaux incendies avec explosions et éruptions. De là les volcans si nombreux aux premiers jours du monde.

- Mais voilà une ingénieuse hypothèse ! m'écriais-je un peu malgré moi.

- Et qu'Humphry Davy me rendit sensible, ici même, par une expérience bien simple. Il composa une boule métallique faite principalement des métaux dont je viens de parler, et qui figurait parfaitement notre globe ; lorsqu'on faisait tomber une fine rosée à sa surface, celle-ci se boursouflait, s'oxydait et formait une petite montagne ; un cratère s'ouvrait à son sommet, l'éruption avait lieu et communiquait à toute la boule une chaleur telle qu'il devenait impossible de la tenir en main."

Vraiment, je commençais à être ébranlé par les arguments du professeur ; il les faisait valoir, d'ailleurs, avec sa passion et son enthousiasme habituels.

- "Tu le vois, Axel, ajouta-t-il, l'état du noyau central a soulevé des hypothèses diverses entre les géologues ; rien de moins prouvé que ce fait d'une chaleur interne ; suivant moi, elle n'existe pas, elle ne saurait exister ; nous le verrons d'ailleurs, et, comme Arne Saknussemm, nous saurons à quoi nous en tenir sur cette grande question.

- Eh bien oui ! répondis-je, me sentant gagner à cet enthousiasme, oui, nous le verrons, si on y voit, toutefois.

- Et pourquoi pas ? Ne pouvons-nous compter sur des phénomènes électriques pour nous éclairer, et même sur l'atmosphère, que sa pression peut rendre lumineuse en s'approchant du centre ?

- Oui, dis-je, oui ! cela est possible, après tout.

- Cela est certain, répondit triomphalement mon oncle ; mais silence, entends-tu ? Silence sur tout ceci, et que personne n'ait l'idée de découvrir avant nous le centre de la terre." (J. Verne, *Voyage au centre de la Terre*, Paris, Hetzel, p. 46-51.) [Retour](#)

Hopkins remarque que la pression élève la température de fusion des roches et ainsi que la connaissance du gradient thermique ne suffit pas pour prédire la fusion interne.

" Puisque la chaleur s'accroît avec la distance à la surface pendant que la masse se refroidit par convection, la tendance à la solidification, autant qu'elle dépend de cette cause, sera plus grande à la surface et moindre au centre ; mais, d'un autre côté, la pression est moindre à la surface et plus grande au centre ; et par conséquent, la tendance à la solidification, dépendant de cette cause, sera plus grande au centre et moindre à la surface. Pour estimer cette tendance sous l'influence conjointe des deux causes, il serait nécessaire, dans un premier temps, de déterminer la loi donnant l'accroissement de la température en fonction de la distance à la surface, pendant que la masse se refroidit par convection ; et, dans un second temps, de connaître l'influence de la température qui empêche la solidification en comparaison à celle de la pression qui la favorise. Cependant, ce sont là des points sur lesquels nous avons actuellement peu ou pas de données expérimentales, et par conséquent, la seule conclusion à laquelle

nous pouvons arriver est celle-ci : si l'augmentation de la température avec la profondeur est si rapide que son effet pour empêcher la solidification est plus grand que celui dû à l'accroissement de la pression, alors la plus grande tendance à se transformer en un fluide imparfait, et après coup à se solidifier, sera atteinte tout d'abord dans les parties superficielles de la masse ; alors que si l'effet de l'augmentation de la pression prédomine sur celui de la température, la transition fluide parfait - fluide imparfait, puis la solidification, commencera au centre." (W. Hopkins, *"Researches in Physical Geology. On the Phenomena of Precession and Nutation"*, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 129, 381-423, 1839, p. 382.)

En étudiant le mouvement de précession, **Hopkins** arrive à la conclusion que la croûte possède une épaisseur de 1300 à 1600 km et il en tire les conséquences pour la compréhension des phénomènes volcaniques.

"Plusieurs spéculations à l'égard des volcans s'appuient sur l'hypothèse d'une communication directe, au moyen du vent volcanique, entre la surface et le noyau fluide inférieur, en supposant que la fluidité commence à une profondeur peu ou pas du tout supérieure à celle à laquelle on peut raisonnablement présumer que la température serait suffisante sous la seule pression atmosphérique pour fondre le matériau de la croûte terrestre. Toutefois, compte tenu de la preuve de ce que l'épaisseur de la croûte terrestre est de plusieurs centaines de milles, l'hypothèse de la communication directe est à mon avis bien trop incompatible avec la probabilité raisonnable pour être admise un instant comme base de la spéculation théorique. Force est donc de conclure que la matière fluide des volcans existe dans des réservoirs souterrains d'une étendue limitée, correspondant à des lacs souterrains et non pas à un océan souterrain." (W. Hopkins, *"On the Thickness and Constitution of the Earth's Crust"*, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 132, 43-55, 1842, p.51.) [Retour](#)

Lord Kelvin rejette catégoriquement l'idée d'une fusion interne, incompatible avec l'amplitude des marées océaniques.

"Quel que soit son âge, nous pouvons avoir la certitude que l'intérieur de la Terre est solide ; non pas certes dans l'ensemble de son volume, car il existe certainement des espaces dans les régions volcaniques qui sont occupés par la lave liquide ; toujours est-il que la proportion de la partie liquide, qu'il s'agisse de l'eau des océans ou de la matière fondue de l'intérieur, est petite par rapport à l'ensemble. Nous devons absolument rejeter les hypothèses géologiques qui supposent que la partie solide de la Terre est une coquille d'une épaisseur de 30, 100, 500 ou 1000 kilomètres reposant sur une masse liquide intérieure, que ce soit pour expliquer la chaleur souterraine ou les bouleversements et les subsidences anciens de la croûte solide, les tremblements de terre ou les volcans." (W. Thomson, *"The Opening Address to Section A of the British Association"*, in *Mathematical and Physical Papers by W. Thomson*, London, C. J. Clay and Sons, 1890, p.320.) [Retour](#)

Dans les années 1870-1880, les discussions entre les pro et les anti-fluidistes restent vigoureuses :

Liais défend sans concession la solidité du globe.

"Cette opinion [la fluidité interne] est directement opposée à celle dont les phénomènes astronomiques démontrent la réalité d'une manière irrécusable, relativement à la solidité intérieure de notre planète. Ainsi, il est mathématiquement certain que le globe terrestre est solide. [...] Il ne résulte pas moins de ce beau travail de M. Thomson l'anéantissement définitif des théories de la fluidité centrale actuelle du globe sous l'influence d'une chaleur excessive primordiale. [...] Il reste contre cette hypothèse [de la fluidité] les preuves rigoureuses et mathématiques fournies par l'astronomie. Nous pouvons donc dire avec certitude que la terre est solide dans son intérieur." (E. Liais, *L'Espace céleste et la Nature tropicale*, Paris, Garnier frères, p. 438-448.)

Taylor condamne avec virulence les spéculations mathématiques.

"La liquidité de notre globe et la finesse relative de son enveloppe solide - témoignées par toutes les inductions légitimes - seront présumées sans doute ou hésitation, et les supposés arguments mathématiques en faveur de sa solidité seront ignorés pour être essentiellement fallacieux et très peu probants. Il faut déplorer le fait que les mathématiciens professionnels n'ont à ce jour rien apporté à l'avancement ou à l'extension de la théorie géologique : non pas par manque d'habileté analytique chez un Thomson, ou un [G.] Darwin, mais par manque de données exactes pour justifier les conclusions qu'ils ont proposées avec tant d'audace !" (W. B. Taylor, *"On the crumpling of the earth's crust"*, *American Journal of Sciences*, 30, 249-266, 1885, p. 250.)

Fisher cherche un modèle de Terre pouvant satisfaire à la fois les exigences de la géologie et de la physique.

"Ce dernier physicien [Lord Kelvin] affirme que si la Terre dans l'ensemble n'était pas extrêmement rigide, la croûte solide céderait si facilement à l'influence déformante du Soleil et de la Lune qu'elle emporterait simplement l'eau des océans avec elle par rapport à la Terre. Cependant, il ne serait pas nécessaire que la Terre soit absolument solide depuis son centre jusqu'à sa surface pour satisfaire aux exigences d'une grande rigidité d'ensemble. Ne peut-on pas répondre à ces exigences à l'aide de l'hypothèse d'un noyau rigide, dont la dimension est proche de celle de

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/modeles-interieur-terre.xml> - Version du 07/04/21

la totalité du globe et qui est recouvert d'un sous-sol fluide peu épais par rapport au rayon, sur lequel la croûte flotte en état d'équilibre ? Cette supposition quant à l'état de la Terre semble en général répondre au mieux aux exigences de la géologie et de la physique." (O. Fisher, *Physics of the Earth's Crust*, Londres, 1881, p. 269.) [Retour](#)

Jeffreys prouve la fluidité du noyau grâce à la comparaison de la rigidité déduite de la vitesse de propagations des ondes de cisaillement et la rigidité déduite des marées terrestres.

"En combinant les densités moyennes trouvées pour l'enveloppe et le noyau avec la vitesse des ondes de cisaillement dans l'enveloppe, on trouve que la déformation de la Terre sous l'influence des marées implique une faible rigidité dans le noyau, certainement inférieure à la rigidité moyenne de l'enveloppe, et peut-être zéro. [...] Il ne semble pas y avoir de raison pour nier que le noyau métallique de la Terre soit véritablement fluide." (H. Jeffreys, "*The rigidity of the Earth's Central Core*", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Geophysical Supplements*, 1, 371-383, 1926, p. 372-373.) [Retour](#)