

Cours: Nouvelles technologies des énergies renouvelables

Chapitre V

Géothermie

V.1. Introduction

La géothermie, du grec géo (« la Terre ») et thermos (« la chaleur »), désigne à la fois la science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe terrestre, et la technologie qui vise à l'exploiter. Par extension, la géothermie désigne aussi parfois l'énergie géothermique issue de l'énergie de la Terre qui est convertie en chaleur.

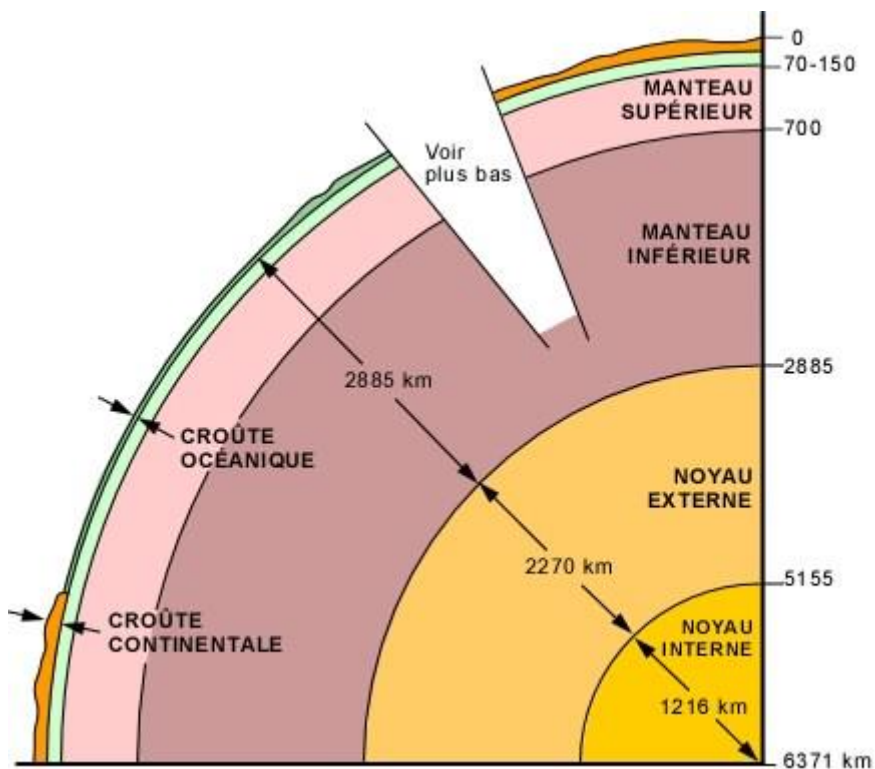
Pour capter l'énergie géothermique, on fait circuler un fluide dans les profondeurs de la Terre. Ce fluide peut être celui d'une nappe d'eau chaude captive naturelle, ou de l'eau injectée sous pression pour fracturer une roche chaude et imperméable. Dans les deux cas, le fluide se réchauffe et remonte chargé de calories (énergie thermique). Ces calories sont utilisées directement ou converties partiellement en électricité.

L'énergie géothermique est localement exploitée pour chauffer ou disposer d'eau chaude depuis des millénaires, par exemple en Chine, dans la Rome antique et dans le bassin méditerranéen.

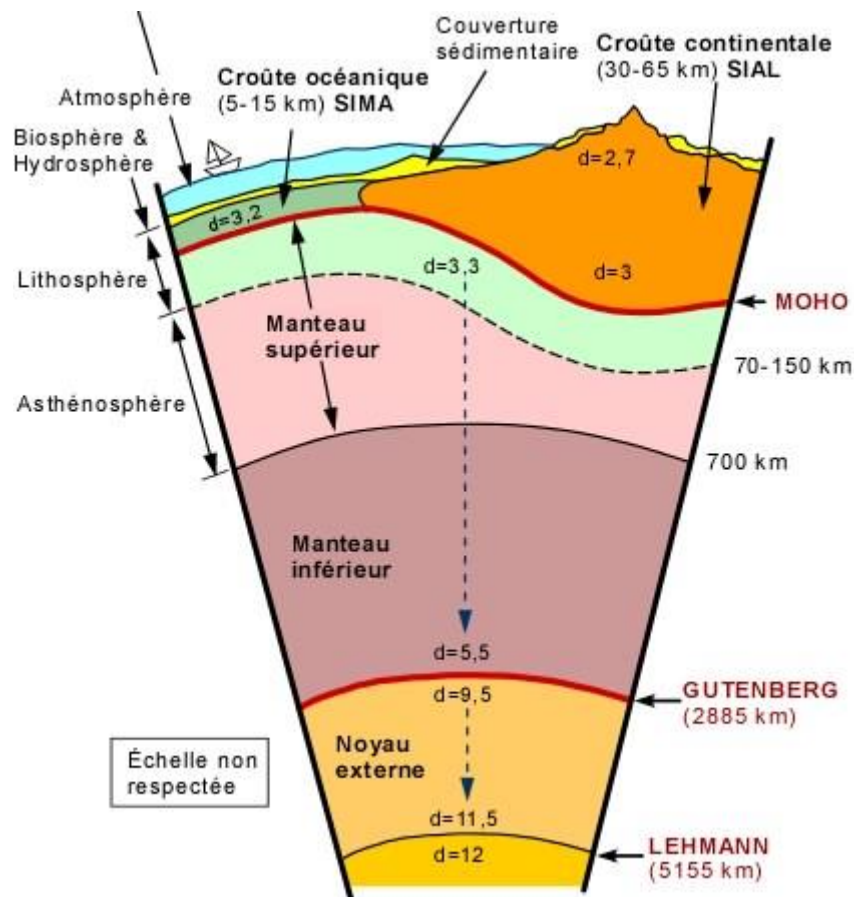


V.2. La structure du globe terrestre

L'intérieur de la Terre est constitué d'une succession de couches de propriétés physiques différentes: au centre, le noyau, qui forme 17% du volume terrestre et qui se divise en noyau interne solide et noyau externe liquide; puis, le manteau, qui constitue le gros du volume terrestre, 81%, et qui se divise en manteau inférieur solide et manteau supérieur principalement plastique, mais dont la partie tout à fait supérieure est solide; finalement, la croûte (ou écorce), qui compte pour moins de 2% en volume et qui est solide.

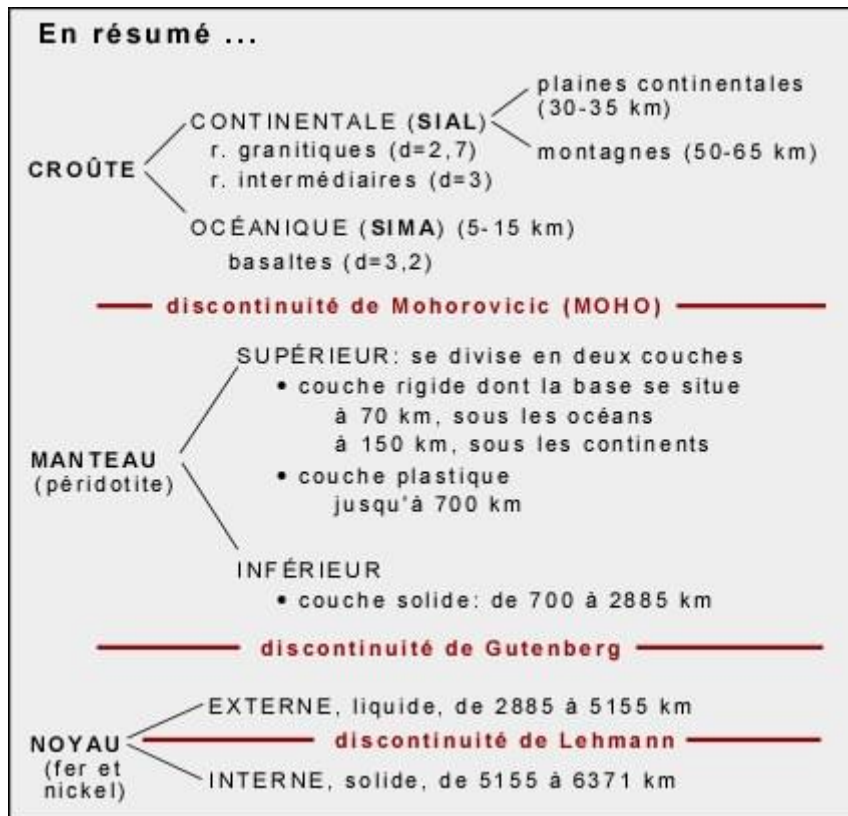


Deux discontinuités importantes séparent croûte, manteau et noyau: la discontinuité de Mohorovicic (MOHO) qui marque un contraste de densité entre la croûte terrestre et le manteau, et la discontinuité de Gutenberg qui marque aussi un contraste important de densité entre le manteau et le noyau. Une troisième discontinuité sépare noyau interne et noyau externe, la discontinuité de Lehmann.



La couche plastique du manteau supérieur est appelée asthénosphère, alors qu'ensemble, les deux couches solides qui la surmontent, soit la couche solide de la partie supérieure du manteau supérieur et la croûte terrestre, forment la lithosphère. On reconnaît deux types de croûte terrestre: la croûte océanique, celle qui en gros se situe sous les océans, qui est formée de roches basaltiques de densité 3,2 et qu'on nomme aussi SIMA (silicium-magnésium); et la croûte continentale, celle qui se situe au niveau des continents, qui est plus épaisse à cause de sa plus faible densité (roches granitiques à intermédiaires de densité 2,7 à 3) et qu'on nomme

SIAL (silicium-aluminium). La couverture sédimentaire est une mince pellicule de sédiments produits et redistribués à la surface de la croûte par les divers agents d'érosion (eau, vent, glace) et qui compte pour très peu en volume.



L'intérieur de la Terre est donc constitué d'un certain nombre de couches superposées, qui se distinguent par leur état solide, liquide ou plastique, ainsi que par leur densité. Comment savons-nous cela? C'est par une sorte d'échographie de l'intérieur de la Terre qui a été établie à partir du comportement des ondes sismiques lors des tremblements de terre. Les sismologues Mohorovicic, Gutenberg et Lehmann ont réussi à déterminer l'état et la densité des couches par l'étude du comportement de ces ondes sismiques. La vitesse de propagation des ondes sismiques est fonction de l'état et de la densité de la matière. Certains types d'ondes se propagent autant dans les liquides, les solides et les gaz, alors que d'autres types ne se propagent que dans les solides. Lorsque qu'il se produit un tremblement de terre à la surface du globe, il y a émission d'ondes dans toutes les directions. Il existe deux grands domaines de

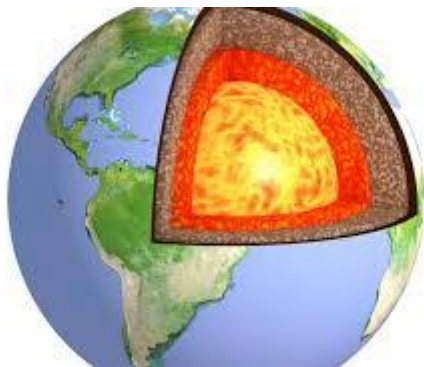
propagations des ondes: les ondes de surface, celles qui se propagent à la surface du globe, dans la croûte terrestre, et qui causent tous ces dommages associés aux tremblements de terre, et les ondes de volume, celles qui se propagent à l'intérieur de la terre et qui peuvent être enregistrées en plusieurs points du globe. Chez les ondes de volume, on reconnaît deux grands types: les ondes de cisaillement ou ondes S, et les ondes de compression ou ondes P.

V.3. Origine de la chaleur interne du globe

L'origine de la chaleur interne du globe fait encore l'objet d'étude et n'est pas totalement déterminée. Dans les tous premiers temps de l'histoire de la Terre, les principales sources de chaleur ont sans doute été l'accrétion et la radioactivité de courte période. La chaleur d'accrétion correspond tout simplement à un transfert d'énergie cinétique en énergie mécanique (compression et changement de phase) et énergie calorifique. Lors des nombreux chocs de météorites au début de l'histoire de la Terre, ces processus ont pu contribuer à une immense partie de l'énergie thermique accumulée. La radioactivité est un second processus de production de chaleur. Les réactions qui ont certainement contribué en grandes parties à la chaleur interne du globe sont celles désormais terminées de désintégration de l' ^{26}Al et du ^{60}Fe . Ces éléments sont en grande concentration dans la Terre et lorsque les réactions de désintégration radioactive se sont produites lors des tous premiers millions d'années de l'histoire de la Terre, il est probable que leurs conséquences thermiques ont été immenses. Depuis, les seuls éléments radioactifs qui contribuent à la production de chaleur interne sont ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K . Leur participation au bilan thermique terrestre dépend fortement de leur concentration précise dans les roches, mais on considère en général que leur production est de l'ordre de 570 mW/kg de roche pour ^{235}U , 94 mW/kg de roche pour ^{238}U , 27 mW/kg de roche pour ^{232}Th et 28 mW/kg de roche ^{40}K .

Enfin, il existe sans doute une production de chaleur liée à la différenciation de la graine. A température et pression ambiantes, la cristallisation de fer produit 207 kJ/kg. La valeur est certainement très différente aux pressions et températures du noyau, mais quoiqu'il en soit, la cristallisation de la graine doit participer au bilan thermique.

Comment jongler avec ces chiffres pour tracer la source de la chaleur terrestre actuelle ? De certaines zones d'ombres existent, mais les géophysiciens estiment aujourd'hui que sur les ~ 42 TW enregistrés en surface, près de 35 TW proviennent de la désintégration d'éléments radioactifs dans la croûte et le manteau. Près de 3,8 TW pourraient être des vestiges de la chaleur initiale liée à l'accrétion et à la radioactivité de courte période ; c'est ce qu'on nomme le « refroidissement séculaire ». La différenciation des différentes enveloppes comme la croûte, le manteau, et surtout le noyau, libèrerait environ 3,5 TW. Gardons à l'esprit que ces valeurs sont encore l'objet de débat et qu'il n'existe pas véritablement de consensus entre les auteurs.



V.4. Avantages de la géothermie

- La géothermie est une énergie renouvelable, dans le sens où la chaleur contenue dans le globe terrestre est sans commune mesure avec les besoins énergétiques de la civilisation humaine. La gestion raisonnée de l'exploitation d'une ressource géothermique permet de maintenir localement le potentiel géothermique.

- Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie de profondeur (haute et basse énergie) a l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent). C'est donc une source d'énergie quasi-continue car elle est interrompue uniquement par des opérations de maintenance sur la centrale géothermique ou le réseau de distribution de l'énergie. Les gisements géothermiques ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années (30 à 80 ans en moyenne).
- L'exploitation d'une ressource géothermique ne produit que très peu de gaz à effet de serre.

