

STRUCTURE ET HISTOIRE DE LA TERRE

FORME DE LA TERRE

LA TERRE est l'une des neuf planètes du système solaire qui tournent autour du Soleil. Elle a la forme d'une sphère légèrement aplatie aux pôles, sous l'effet des forces de la pesanteur et de son mouvement de rotation sur elle-même. Les irrégularités du relief, dont l'ampleur dépasse 8 km dans les montagnes et 11 km dans les fosses océaniques, sont négligeables par rapport au rayon terrestre qui est de 6 378 km à l'équateur.

La mesure des dimensions de la Terre fait l'objet de la géodésie. Mais, pour connaître sa structure interne, on fait appel à des méthodes indirectes, en particulier la sismologie. Elle nous renseigne grâce à l'analyse des ondes sismiques, naturelles ou provoquées, qui se propagent à l'intérieur du globe.

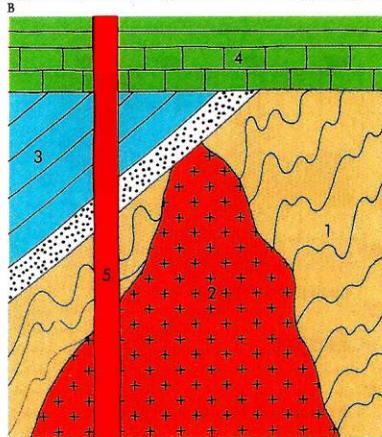
Caractéristiques physiques et orbitales.

diamètre équatorial 12 756 km
diamètre polaire 12 713 km
aplatissement 0,003 4
masse $5,98 \cdot 10^{24}$ kg
densité moyenne 5,52
accélération de la pesanteur à l'équateur $9,78 \text{ m/s}^2$
période de rotation sidérale
23 h 56 min 4 s
inclinaison de l'équateur sur l'orbite
 $23^\circ 26'$
demi-grand axe de l'orbite
149 897 570 km soit 1 ua (unité astronomique)
distance maximale du Soleil
152 100 000 km
distance minimale du Soleil
147 100 000 km
période de révolution sidérale
365 j 6 h 9 min 9 s 05.
vitesse orbitale moyenne 29,79 km/s

INTÉRIEUR DU GLOBE

ESSENTIELLEMENT à l'état solide, il est constitué de trois zones concentriques de composition différente.

La croûte constitue l'enveloppe externe, limitée à sa base par la *discontinuité de Mohorovičić*, ou « moho ». Sous les océans,



B - Âge relatif des terrains montré par leurs relations.

Un socle ancien (1) a été plissé et métamorphosé puis injecté par une intrusion magmatique (2) avant d'être aplani et recouvert par une série sédimentaire (3). Les sédiments ne sont plus disposés horizontalement : cela montre que des mouvements tectoniques ont basculé l'ensemble de terrains.

Lors de l'accrétion, le choc des particules libère de l'énergie et dégage de la chaleur. La matière de la Terre a donc dû être en grande partie fondue. La gravité a provoqué une différenciation interne, les éléments les plus lourds (fer, nickel) migrant vers le centre pour former le noyau, les plus légers vers la périphérie (silice, alumine). Cela s'est accompagné d'un dégazage expliquant la formation des océans et de l'atmosphère.

la croûte océanique, de composition basaltique, est très homogène : son épaisseur est de l'ordre de la dizaine de kilomètres. Sous les continents, la croûte continentale atteint jusqu'à 70 km d'épaisseur ; sa composition, plus hétérogène, est d'une manière générale granitique, donc plus riche en silice.

Le manteau est subdivisé en deux. Le manteau supérieur, d'environ 100 km d'épaisseur, surmonte l'*asthénosphère*, épaisse couche plastique où la vitesse de propagation des ondes sismiques diminue. Sous l'*asthénosphère*, s'étend le manteau inférieur jusqu'à la *discontinuité de Gutenberg*.

Le noyau est composé d'un noyau externe, liquide, et d'un noyau interne, ou graine, solide.

L'ensemble croûte + manteau supérieur forme la *lithosphère*, épaisse de 100 à 200 km. Elle est fragmentée en plaques, dont les mouvements sur l'atmosphère commandent la physiologie externe du globe.

HISTOIRE DE LA TERRE

LES TERRAINS exposés à la surface de la Terre nous renseignent sur les événements qui ont eu lieu au cours des temps géologiques. Mais pour reconstituer l'histoire de la Terre, il faut être capable de dater ces événements.

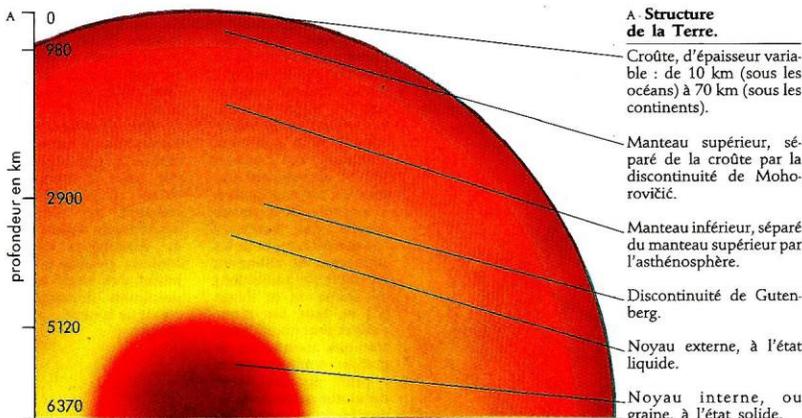
Datations. La *datation relative* permet de reconstituer la chronologie des événements les uns par rapport aux autres. Elle est fondée sur l'étude des relations entre les terrains. Les terrains sédimentaires sont particulièrement précieux puisqu'ils se déposent en strates empilées les unes sur les autres, des plus anciennes aux plus récentes. Ils contiennent des fossiles, débris ou empreintes d'êtres vivants. Du fait de l'évolution, ces fossiles sont caractéristiques des époques auxquelles ils ont vécu, et permettent donc la comparaison entre des terrains éloignés. Les relations intrusives des roches magmatiques renseignent sur l'âge relatif de leur mise en place. Les grands bouleversements (formation des chaînes de montagnes, ou orogénèse), qui provoquent des plissements, sont marqués par des discontinuités dans la superposition, les *discordances*. En confrontant toutes les informations apportées par l'étude de la surface du globe, on a élaboré une échelle des temps géologiques, l'échelle stratigraphique. Elle compte 5 ères, subdivisées en périodes, puis étages.

À un moment donné de l'histoire de la Terre, la nature des terrains qui se mettent en place, leur extension géographique, leur éventuelle déformation, les fossiles qu'ils contiennent, renseignent sur la physiologie du globe : extension des océans, des chaînes de montagnes, climat, etc.

Mais c'est grâce au développement des *datations absolues* que l'on a pu mesurer le temps. Elles sont fondées sur la désintégration d'éléments radioactifs contenus dans les roches, tels que certains isotopes de l'uranium, de l'argon ou du carbone. Les datations absolues ont permis de caler dans le temps l'échelle stratigraphique, de mesurer la longueur des ères, de dater des événements. Plus on se rapproche de l'actuel, mieux l'on peut déchiffrer les témoignages du passé, et donc la durée des ères est de plus en plus courte et l'échelle stratigraphique de plus en plus détaillée.

ORIGINE DE LA TERRE

COMME les autres planètes du système solaire, la Terre s'est sans doute formée par accrétion de matière dans un nuage de poussières et de gaz entourant le Soleil primitif. On imagine que les particules se sont d'abord accolées en petits corps isolés, se regroupant progressivement jusqu'à former un gros corps unique, la Terre primitive. Ce corps, bombardé par des météorites, doit sa forme sphérique aux effets combinés de la rotation et de la gravitation.



Précambrien. On date l'âge de la Terre autour de 4,6 milliards d'années, et le début du primaire vers 600 millions d'années. Le précambrien est de loin la plus longue des ères, mais c'est aussi la plus mal connue. Les bouleversements ultérieurs qui ont affecté la croûte terrestre rendent difficile le déchiffrement de terrains les plus anciens.

Les datations absolues montrent que l'on trouve les roches les plus anciennes, de plus de 3 milliards d'années, dans des boucliers rigides qui constituent l'ossature de nos actuels continents. Ils sont formés de terrains métamorphiques et granitiques, qui ont été plissés et replissés, témoignant de la superposition de plusieurs cycles orogéniques. Ils affleurent au Canada, en Sibérie, au Brésil, en Afrique, en Antarctique, en Australie. La disposition de ces masses continentales était certainement très différente de celle d'aujourd'hui. Le démantèlement de chaînes de montagnes a alimenté le dépôt des premiers sédiments.

Mais le précambrien est aussi marqué par l'apparition de la vie dans les océans. Les premières traces sont des organismes, les *stromatolites*, qui évoquent des algues ; les plus anciennes sont datées de 3,5 milliards d'années. Parallèlement à l'accumulation d'oxygène dans l'atmosphère se développe la photosynthèse, et diverses espèces commencent à peupler les mers.

Paléozoïque ou primaire. Le paléozoïque est marqué par la formation de deux grandes chaînes de montagnes, d'abord la *chaîne calédonnienne*, dont on retrouve les racines en Scandinavie et au Groenland, puis la *chaîne hercynienne* qui structure toute l'Europe. Le Massif armoricain, le Massif central et les Vosges en sont les témoignages en France. Ces montagnes contribuent à accroître la superficie des continents qui, à la fin du paléozoïque, ont dû être soudés en une masse unique, la *Pangée*.

Les espèces vivantes se diversifient. Toutes sortes d'invertébrés (coquillages, trilobites, coraux, éponges) peuplent les mers. De nouvelles espèces, comme les reptiles, commencent à envahir les continents. La fin de l'ère est marquée par un climat chaud et humide qui favorise le développement de forêts luxuriantes, avec des fougères arborescentes. On en retrouve les traces fossiles dans la houille qui s'accumule au carbonifère.

Mésozoïque ou secondaire. Cette ère voit la dislocation des masses continentales par l'ouverture de nouveaux océans. L'ouverture de l'océan Atlantique, d'abord au sud puis au nord, éloigne progressivement l'Amérique de l'Afrique et de l'Europe. L'ouverture de l'océan Indien fragmente le bloc Afrique-Australie-Antarctique, mais l'Inde reste soudée à l'Afrique. L'océan *Téthys* sépare l'Afrique du bloc Eurasie, puis commence à se refermer.

En Europe, c'est une ère relativement calme, sans orogénèse majeure. Une sédimentation continue s'accumule dans des mers peu profondes qui recouvrent les continents après l'aplanissement des montagnes hercyniennes.

De nouvelles espèces vivantes apparaissent et certaines atteignent leur apogée, comme les *ammonites* ou les reptiles géants, qui disparaîtront à la fin du secondaire. L'extinction brutale des *dinosaures*, énormes reptiles qui peuplaient les continents, reste énigmatique et a donné lieu à des interprétations variées. L'une des plus récentes l'attribue à la chute d'une météorite dont l'impact avec la Terre aurait provoqué un changement radical de l'environnement. Contrairement aux autres espèces, les dinosaures n'auraient pas su s'adapter. C'est aussi vers la fin du secondaire que l'on voit apparaître les mammifères et les végétaux angiospermes.

Cénozoïque ou tertiaire. Cette ère est surtout marquée par la formation de la chaîne alpine. La fermeture de l'océan Téthys et la collision de l'Inde, détachée de l'Afrique, avec l'Eurasie, expliquent la formation des Alpes et de l'Himalaya. Les sédiments accumulés sont intensément plissés, métamorphisés, et ces hautes montagnes alimentent une sédimentation détritique très abondante.

Après les extinctions de nombreuses espèces à la fin du mésozoïque, la vie est marquée par le développement et la diversification des mammifères, des oiseaux et des poissons. Les végétaux angiospermes deviennent prépondérants. Les animaux et les plantes préfigurent l'époque actuelle.

Quaternaire. Le début de l'ère quaternaire correspond à l'apparition de l'Homme, il y

a environ 2 millions d'années. La position des continents était proche de l'actuelle.

Quatre grandes glaciations successives, séparées par des périodes de réchauffement, ont façonné les reliefs et sont largement responsables des paysages actuels. Ainsi, toute l'Europe du Nord était recouverte par un énorme glacier qui l'a rabotée et a laissé, en fondant, de multiples lacs. En France, les glaciers étaient beaucoup plus étendus et ont modelé les vallées alpines. Mais c'est aussi lors de ces périodes froides que les rivières ont construit des terrasses qu'elles ont ensuite recréusées lors des réchauffements.

Les mouvements relatifs des plaques continuent dans la mer Rouge et dans le golfe d'Aden, où on assiste sans doute à l'ouverture d'un nouvel océan qui éloignera progressivement l'Afrique du Moyen-Orient.

A. Tableau stratigraphique

ÈRE	PÉRIODE	ÉTAGE	
QUATERNAIRE (2 à 3 millions d'années)	HOLOCÈNE		
	PLÉISTOCÈNE		
TERTIAIRE ou CÉNOZOÏQUE (60 millions d'années)	Néogène	PLIOCÈNE	
		MIOCÈNE	
	Éogène ou Nummulitique ou Paléogène	OLIGOCÈNE	
		ÉOCÈNE	
		PALÉOCÈNE	Thanétien Montien Danien
			supérieur
	SECONDAIRE ou MÉSOZOÏQUE (180 millions d'années)	CRÉTACÉ	Sénonien Turonien Cénomanién
			inférieur
		JURASSIQUE	Albien Aptien Barrémien Néocomien
			moyen sup. (Oolithique)
Portlandien Kimmeridgien Oxfordien			
inférieur (Lias)			
TRIAS		Toarcien Pliensbachien Sinémurien Hettangien	
PERMIEN		Rhétien Keuper Muschelkalk Grès bigarré	
CARBONIFÈRE		Thuringien Saxonien Autunien	
DÉVONIEN		Stéphanien Westphalien Dinantien	
PRIMAIRE ou PALÉOZOÏQUE (325 millions d'années)	SILURIEN	Famennien Frasnien Givétien	
		Eifélien Coblentzien Gédinnien	
	ORDOVICIEN	Ludlowien Wenlockien Llandoveryien	
		CAMBRIEN	Asgillien Caradocien Llandoilien Llanvirnien Arénigien Trémadocien
			Potsdamien Acadien Géorgien
PRÉCAMBRIEN ou ANTÉCAMBRIEN (3 milliards d'années)		Algonkien Archéen	