

## **Troisième partie**

# **La Terre, un astre singulier**

## La forme de la Terre

### I La forme de la Terre

L'environnement plat à notre échelle de perception cache la forme réelle de la Terre, dont la compréhension résulte d'une longue réflexion.

Jusqu'au VI<sup>e</sup> siècle, on trouve des représentations où la Terre est considérée comme un disque ou un cylindre flottant à la surface d'un océan infini. Certains cependant se doutent que la Terre est ronde : les Anciens avaient remarqué que, lorsqu'un bateau arrive à l'horizon, on commence à voir le mât avant la proue.

C'est entre le Ve et le IV<sup>e</sup> avant notre ère que Pythagore, Platon et surtout Aristote apportent les premières preuves de la forme sphérique de la Terre :

- lors d'une éclipse de Lune, on observe la forme arrondie de l'ombre de la Terre sur la Lune
- lorsqu'on se déplace du Nord au Sud, l'aspect du ciel change : les étoiles apparaissent au-dessus de l'horizon, tandis que d'autres étoiles disparaissent sous l'horizon dans la direction opposée.

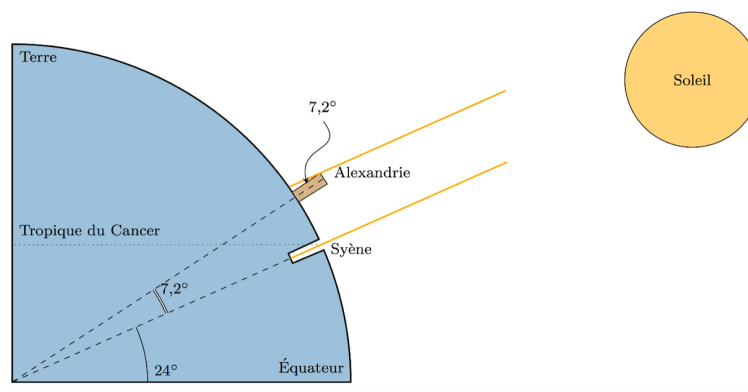
Aristote pense même qu'il n'y a qu'une seule mer de l'Afrique aux Indes. La forme sphérique de la Terre est devenue une évidence pour les savants grecs.

La forme sphérique de la Terre étant un fait acquis, des progrès sur la connaissance de la forme de la Terre ne furent accomplis qu'aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles par la découverte de l'aplatissement aux pôles. La Terre n'est pas exactement sphérique, mais a une forme ellipsoïde.

### II La longueur d'un méridien

#### 1 Le calcul d'Eratosthène

Au III<sup>e</sup> siècle avant J.C., le savant grec Eratosthène donne une estimation de la circonférence de la Terre. Il a observé qu'à midi, le jour du solstice d'été, il n'y a pas d'ombre à Syène. En revanche, à Alexandrie, à 5000 stades (environ 800 km) plus au nord, l'ombre faite par un gnomon (bâton) permet de déterminer que les rayons du Soleil font un angle de  $1/50$  d'angle plein ( $7,2^\circ$ ) par rapport à la verticale. Il considère que la Terre est ronde, que les rayons du Soleil sont parallèles (car le Soleil est infiniment loin) et que les deux villes sont sur le même méridien.



### Propriété

Partant du fait que la longueur d'un arc de cercle est proportionnelle à l'angle qui l'intercepte, Erathostène calcule alors la circonférence de la Terre. Il trouve une valeur  $C = 5000 \times 50 = 250000$  stades soit environ 40 000 km.

## 2 La triangulation de Delambre et Méchain

### Définition

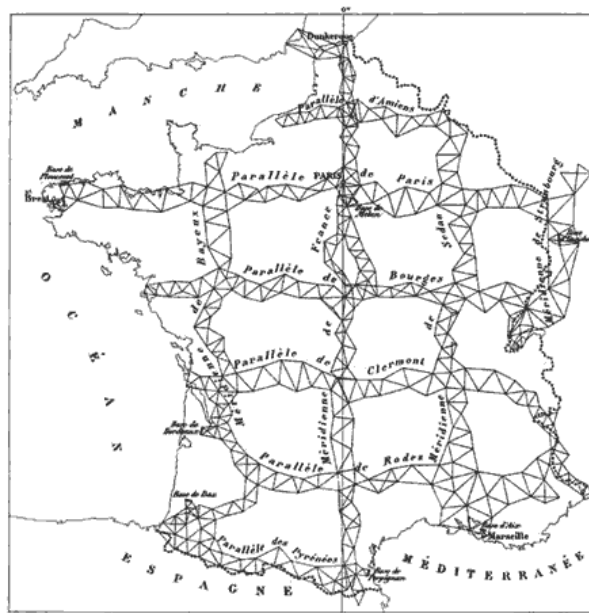
En 1791, en France, l'Académie des sciences décide que le **mètre**, nouvelle unité de longueur, serait défini comme étant égal aux dix-millionième du quart du méridien terrestre.

Trois éléments ont été déterminants pour lancer une mission devant établir la longueur du méridien : la méthode de triangulation de Snellius (1615), les progrès de la trigonométrie sphérique et la mise au point d'un instrument très précis de mesure des angles, le cercle répétiteur de Borda.

### Définition

La méthode de triangulation consiste à mesurer une seule distance (la base), puis de construire une chaîne de triangles à partir de cette base. On mesure les angles de ces triangles par visée avec le cercle de Borda, puis on en déduit les distances dans chaque triangle par une formule de trigonométrie : la loi des sinus.

TRIANGULATION GÉNÉRALE DE LA FRANCE  
Chaines méridiennes et parallèles



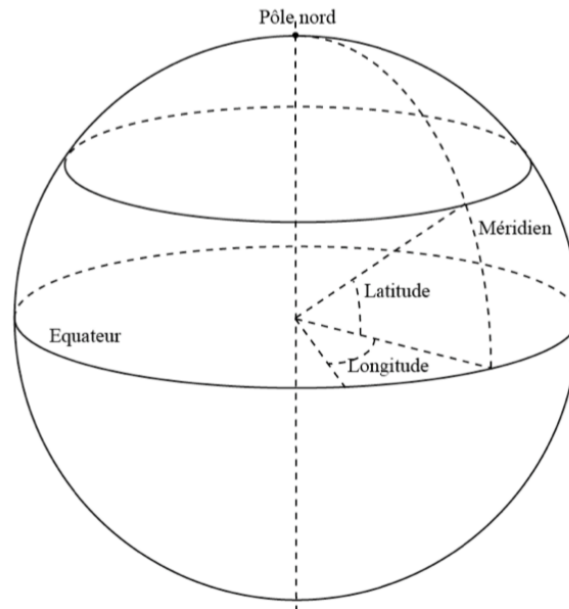
En 1791, deux scientifiques, Jean-Baptiste et Pierre Méchain sont chargés de mesurer la partie du méridien de Paris située entre Dunkerque et Barcelone : ils réalisent durant sept ans des mesures avec une chaîne de 94 triangles. Une unique mesure de longueurs sera effectuée : celle de la base situé à Melun.

### III Repérage sur la Terre

#### Définition

Chaque point sur la Terre peut être repéré par deux angles :

- la **longitude**, angle mesuré à partir du méridien de Greenwich
- la **latitude**, angle mesuré à partir de l'équateur



Pour relier deux points, on peut imaginer différents trajets.

#### Définition

Lorsque deux points sont sur le même méridien, la longueur du chemin qui les relie suivant ce méridien est celle de l'**arc de méridien** intercepté par un angle que l'on déduit des latitudes des deux points.

La conférence de Washington de 1884 a adopté comme méridien origine celui passant par l'Observatoire de Greenwich en Angleterre.

#### Propriété

Lorsque deux points sont sur un même parallèle, la longueur du chemin qui les relie suivant ce parallèle est celle de l'arc de parallèle intercepté par un angle que l'on déduit des longitudes des points.

#### Définition

Le plus court chemin entre deux points de la Terre est l'arc du **grand cercle** qui les relie.

## L'âge de la Terre

### I Les premières estimation de l'âge de la Terre

Pour les savants de l'antiquité, le monde n'est qu'une succession de recommencements. La Terre est éternelle, elle ne possède ni début ni fin.

Les premiers à vouloir déterminer l'âge de la Terre sont des savants chrétiens du II<sup>e</sup> siècle après J.C. S'appuyant sur des généalogies décrites dans la Bible, ils trouvent que la Terre est âgée entre 3483 ans et 6984 ans

Ces calculs sont admis par tous jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle où les progrès dans différents domaines scientifiques vont remettre en cause ces calculs.

#### Propriété

Au XIX<sup>e</sup> siècle éclate une vive polémique entre physiciens, qui estiment que la Terre a quelques dizaines de millions d'années, et les géologues qui envisagent des âges atteignant plus de 3 milliards d'années.

### II Les chronomètre géologique : les empilements sédimentaires

Depuis le XVII<sup>e</sup> siècle, les études sur les **empilements sédimentaires** formés par sédimentation se sont fortement développées. A partir de la succession de ces empilements, les géologues peuvent préciser les âges relatifs des couches sédimentaires. Ils peuvent affirmer que telle couche est plus ancienne ou plus récente qu'une autre.

Ce n'est qu'à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle, que ces empilements vont servir de chronomètre pour dater la Terre.

A partir des **vitesse de dépôts** observées dans la nature, les géologues calculent les temps nécessaires à l'édification par sédimentation de tel ou tel ensemble sédimentaire.

En parallèle, les géologues vont se servir du temps nécessaire à l'**érosion** comme chronomètre. A partir de la vitesse d'érosion observée, ils calculent les temps nécessaires à l'érosion de tel ou tel relief.

Les géologues obtiennent par les deux méthodes des temps très divers mais largement supérieurs à ce qui était admis à l'époque.

A partir de ces valeurs qui concernent tel ou tel ensemble de roches, certains géologues vont extrapoler des ordres de grandeurs de l'âge de la Terre : les valeurs vont de quelques millions d'années à plus de 2 milliards d'années.

Les défauts des deux méthodes résident principalement sur la grande diversité des processus de sédimentation et d'érosion observées dans la nature.

A cette même époque, se développe une nouvelle idée pour dater la Terre : estimer le temps nécessaire pour établir la **salinité** des océans. Le calcul ne sera fait qu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle : à peu près 100 milliards d'années. L'intuition est bonne : le sel marin des océans provient bien de l'érosion de massifs continentaux. Mais il ne prend pas en compte le piégeage de ce sel au fond des océans. Le calcul est donc faussé.

### III Les chronomètres thermiques : le refroidissement de la Terre

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, **Buffon**, un physicien, date la formation de la Terre à partir de l'expérimentation. Il considère que lorsque la Terre s'est formée, elle était constituée de **roches en fusion**. Il se sert de boules métalliques chauffées au rouge dont il mesure le temps de refroidissement. Comme il obtient des temps de refroidissement proportionnels à la taille des boules métalliques, il extrapole à la taille de la Terre et obtient une valeur de 96700 ans nécessaire pour le **refroidissement de la Terre** depuis sa température initiale jusqu'à sa température actuelle.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, **Kelvin**, physicien lui aussi, reprend les travaux de Buffon qu'il corrige. Il montre que le refroidissement de la Terre ne peut être uniforme comme le considère Buffon. La Terre refroidit rapidement en surface, alors qu'elle demeure chaude en profondeur. Il détermine le temps nécessaire au refroidissement de la Terre, il obtient alors une valeur de plusieurs dizaines de millions d'années.

A cette époque, les travaux de Kelvin sont acceptés par toute la société. Seul le groupe des évolutionnistes, avec à sa tête Darwin, les conteste. Il montre que les temps calculés par Kelvin ne suffisent pas pour que l'évolution biologique observée dans les empilements de roches sédimentaires puisse avoir lieu. Il faut des temps bien plus importants.

## **IV** Le chronomètre absolu : la radioactivité

En 1896, Becquerel, physicien, découvre la radioactivité. Dès 1902, Rutherford, un physicien lui aussi, établit la notion de période radioactive. Cela permet de se servir des éléments radioactifs comme chronomètre absolu des événements passés.

Pour les géophysiciens, la Terre s'est formée par agglomération de corps célestes de tailles variées. Les météorites sont les traces actuelles de cet événement passé.

La datation des météorites par radiochronologie permet de dater l'âge de la Terre. Les plus vieilles météorites sont datées de  $4,55 \times 10^9$  années : l'âge de la Terre.

### Propriété

L'âge de la Terre est de  $4,57 \times 10^9$  années. Il s'agit d'une donnée aujourd'hui bien établie, grâce à la collaboration de plusieurs disciplines.