

Chapitre 8

La forme de la Terre

Document b page 180

Origine mythologique de la Terre plate

Au commencement était le Nou, masse liquide primordiale dans les profondeurs infinies de laquelle flottaient, confondus, les germes des choses. Lorsque le Soleil commença à briller, la Terre fut aplanie et les eaux séparées en deux masses distinctes.

D'après Gaston Maspero, *Histoire Ancienne des peuples de l'Orient*, 1875.

Document e page 181

Arguments d'Aristote en faveur de la sphéricité de la Terre

Les uns jugent la Terre sphérique ; les autres la croient plane, et la représentent sous la figure d'un tambour. La preuve qu'ils en donnent, c'est qu'on observe que le Soleil, quand il se couche ou qu'il se lève, a toute la partie qu'il cache sous la Terre en ligne droite et non pas en ligne circulaire.

Pourtant, il faut nécessairement que la Terre soit sphérique car :

- la pesanteur attire chacune de ses parties jusqu'au centre ;
- dans les éclipses de Lune l'ombre de la Terre est toujours courbe ;

– il nous suffit de faire un léger déplacement, soit au midi, soit au nord, pour que les astres qui sont au-dessus de notre tête subissent un changement considérable ;

– on retrouve des éléphants aux deux extrémités du globe, aussi bien au pays qui est aux colonnes d'Hercule qu'au pays qui est vers l'Inde, et qu'ainsi il n'y a qu'une seule et unique mer.

Et les mathématiciens qui ont essayé de mesurer les dimensions de la circonférence, la portent à quarante fois dix mille stades.

D'après Aristote, *Du Ciel* (Livre II), 350 av. J.-C.

Document f page 181

Les hypothèses d'Ératosthène

Qu'il soit admis pour nous :

– premièrement que Syène et Alexandrie sont établies sous le même méridien ;

– deuxièmement que la distance entre les deux cités est de 5 000 stades ;

– troisièmement que les rayons lumineux envoyés de différents endroits du Soleil sur différents endroits de la Terre sont parallèles ;

– quatrièmement que les droites sécantes des parallèles forment des angles alternes-internes égaux ;

– cinquièmement que les arcs de cercle qui reposent sur des angles égaux sont semblables.

Celui qui pourrait se prévaloir de ces faits comprendrait sans difficulté le cheminement d'Ératosthène.

D'après *Le Mouvement circulaire des corps célestes* par Cléomède, philosophe grec du I^{er} s. av. J.-C. (traduction de Richard Goulet).

Document a page 182

L'aventure de Delambre et Méchain

Jean-Baptiste Delambre, Pierre Méchain et leurs collaborateurs devaient définir la longueur du mètre, fixée selon les scientifiques de l'Académie des sciences à « la dix millionième partie du quart du méridien terrestre ». Ils se lancent pour cela dans la mesure du méridien de Paris : une ligne née dans l'imagination des cartographes, qui traverse la France de part en part (de Dunkerque à Barcelone) pour rejoindre les deux pôles du globe. Les deux tiers supérieurs, de Dunkerque à Rodez, incombent à Jean-Baptiste Delambre, et le parcours Rodez-Barcelone à Pierre Méchain. Aucun monument ne commémore les efforts déployés pour mener à bien cette mission, en pleine Terreur (au moment de la Révolution française) ...

Les chercheurs utilisent une méthode mathématique appelée « triangulation ». Elle consiste à diviser le terrain en triangles pour le mesurer. On trace d'abord le long du méridien des triangles jointifs, ayant chacun un côté en commun avec le suivant. Il suffit ensuite de mesurer les angles des triangles par visée, depuis un endroit situé en hauteur (clocher, château, tour) et de disposer de la longueur d'une seule base (celle de Melun-Lieusaint pour la partie nord) pour pouvoir en déduire tous les côtés des triangles dont la somme était précisément la portion de méridien.

D'après Azar Khalatbari, « Le mètre et le méridien », www.liberation.fr, 2006.

Document c page 183

La base Melun-Lieusaint

On peut effectuer une triangulation à partir de la connaissance de la longueur d'une première base de 6 075,90 toises entre Melun et Lieusaint, deux villes situées en Seine-et-Marne (77). Ainsi, à partir des extrémités de cette base, Jean-Baptiste Delambre vise Malvoisine. De la mesure des angles, il déduit la distance Lieusaint-Malvoisine et celle-ci constitue la base d'un nouveau triangle dont le sommet sera Monthéry. Une chaîne de triangles successifs juxtaposés est ainsi formée le long de la méridienne. L'arc de méridien Dunkerque-Barcelone a pour longueur un quart de méridien terrestre.

D'après « Un voyage... de Dunkerque à Barcelone », www.clea-astro.eu.

Document e page 185

L'Opération méridienne

Cinq mille élèves se relaient depuis le 16 mai [1989] pour mesurer le méridien terrestre compris entre Dunkerque et Barcelone. Cette « Opération méridienne » est menée à l'instigation du cinéaste, mathématicien et écrivain Denis Guedj. Elle réédite l'exploit accompli par les astronomes français Jean-Baptiste Delambre et Pierre Méchain par la technique de la triangulation, à partir de 1792. Les élèves participants (120 lycées et collèges, 102 villes étapes, dont 14 en Espagne) forment une chaîne qui traverse vingt-deux départements et la Catalogne, soit 1 000 kilomètres. La jonction doit se faire à la frontière le samedi 10 juin. Un « mètre du Bicentenaire » en

verre de silice, fabriqué pour l'opération, doit être symboliquement déposé le 13 juin au pavillon de Breteuil, à Sèvres, où se trouve le mètre-étalon en platine.

D'après « La mesure du mètre », LeMonde.fr, 1989.

Document a page 186

Une diversité d'unités de poids et de mesures

Avant 1795, de très nombreuses unités de poids et de mesures ont cours sur le territoire français, ce qui fait écrire à un voyageur anglais : « En France, l'infinie complexité des mesures dépasse l'entendement. Celles-ci ne diffèrent pas seulement d'une province à l'autre, mais aussi d'un district à l'autre et presque d'une ville à l'autre. » Mais en Grande-Bretagne, malgré les tentatives d'uniformisation des unités de poids et de mesures depuis le XIII^e siècle, le problème se pose aussi.

D'après Ken Alder, *Mesurer le monde*, 2017.

Document c page 186

Les mètre-étalons

Article 2. Il n'y aura qu'un seul étalon des poids et mesures pour toute la République : ce sera une règle de platine sur laquelle sera tracé le mètre qui a été adopté pour l'unité fondamentale de tout le système des mesures. Cet étalon sera exécuté avec la plus grande précision.

Article 3. Il sera envoyé dans chaque chef-lieu de district un modèle conforme à l'étalon prototype dont il vient d'être parlé qui servira à la fabrication de toutes les sortes de mesures employées aux usages des citoyens.

D'après le *Décret relatif aux poids et aux mesures* du 18 germinal an III
(7 avril 1795).

Document e page 186

Difficile de changer les habitudes

Qu'ont fait les nouveaux poids, les nouvelles mesures ?

À tous nos vieillards apporter des tortures.

On peut très bien auner sans mesurer la Terre ;

Et si ce haut calcul n'est point exempt d'erreur,

Briser longue habitude est mauvaise rigueur.

D'après Louis-Sébastien Mercier, *Satires contre les astronomes*, Terrelonge, Paris,
1803.

Document h page 187

Choix et limitations du krypton

Dès la fin du XIX^e siècle, des spécialistes en spectroscopie proposent de définir le mètre comme un multiple d'une certaine longueur d'onde. Après de nombreux essais et vérifications, le rayonnement de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 605 \text{ nm}$ du

spectre de l'atome de krypton ^{86}Kr est choisi. De 1960 à 1983, 1 mètre est égal à

$\frac{\lambda}{605 \times 10^{-9}}$ soit environ 1,65 million de fois cette longueur d'onde.

Mais, rapidement, cette définition ne s'avère pas assez précise car les profils de la raie lumineuse ne sont pas strictement réguliers.

D'après la conférence « Le mètre, l'aventure continue », le 18 mai 2018 au

Laboratoire national de métrologie et d'essais.

Document i page 187

Définition actuelle

La Conférence Générale des Poids et des Mesures a décidé en octobre 1983 que le mètre ne serait plus une unité fondamentale, mais une unité dérivée de la seconde et de la vitesse de propagation de la lumière, à laquelle on donnerait une valeur conventionnelle choisie de façon à assurer la meilleure continuité possible de la longueur du mètre (299 792 458 mètres par seconde exactement). La précision avec laquelle est défini le mètre n'est donc plus limitée que par la précision sur la définition de la seconde, qui dépend de la stabilité des masers à césium, laquelle est de l'ordre de 10^{-15} et que l'on cherche continuellement à améliorer.

D'après l'Observatoire de Paris.

Document a page 188

Pourquoi les planètes sont-elles rondes ?

La Terre est sphérique, mais aussi la Lune, les autres planètes, le Soleil et les étoiles. L'explication est à chercher dans la théorie de la gravitation universelle élaborée par Isaac Newton au XVII^e siècle : deux particules matérielles s'attirent, la force d'attraction étant proportionnelle à leur masse et à l'inverse du carré de leur distance.

Dans un corps solide ou liquide, en l'absence d'autres forces, tout se passe comme si les particules étaient attirées vers un seul et même point, qui est le centre de gravité du corps. C'est ainsi qu'à la surface de la Terre, les corps sont attirés par toute la masse de la Terre comme si elle était rassemblée au centre. C'est la force de pesanteur, et c'est pourquoi les objets tombent à la verticale, en direction du centre de la planète. Dans ces conditions, dans un corps céleste suffisamment massif s'établit naturellement dans un état d'équilibre dit hydrostatique qui, en l'absence de rotation, lui confère une forme parfaitement sphérique.

D'après Jean-Pierre Luminet, astrophysicien à l'observatoire de Marseille,

www.futura-sciences.com.

Document c page 189

Latitude et longitude terrestres

La latitude et la longitude sont les coordonnées géographiques qui permettent de repérer un point à la surface de la Terre. Une latitude donnée, matérialisée par un

cercle appelé parallèle, est l'angle formé entre la verticale d'un lieu et le plan de l'équateur : de +90 degrés vers le pôle Nord à -90 degrés vers le pôle Sud. Une longitude donnée, matérialisée par un cercle appelé méridien, est l'angle formé entre le plan du méridien d'un lieu et le plan du méridien de Greenwich (méridien origine, de longitude 0 degré). Elle varie de 0 à +180 degrés vers l'ouest et de 0 à -180 degrés vers l'est.

D'après www.larousse.fr.

Document page 194

Histoire du mètre

C'est en 1790 que l'Assemblée nationale française décide d'établir un système de mesure unique. Le projet est confié à des scientifiques de renom (Borda, Condorcet, Lagrange, Laplace, Lavoisier et Monge) qui proposent de définir le Mètre comme le dix millionième du quart du méridien terrestre. Une idée extravagante mais qui repose sur un fondement des plus naturels et qui sera donc acceptée de tous : la Terre ! Comment mesurer ce quart de méridien et avec quoi puisque nous ne possédons pas encore le mètre ? La tâche est donnée à deux astronomes français : Jean-Baptiste Joseph Delambre et Pierre Méchain, qui effectueront les mesures sur un arc suffisamment long de ce quart de méridien. Par proportionnalité, ils pourront alors calculer la longueur de tout le quart de méridien de façon précise.

Cet arc, appelé la Méridienne, s'étend sur plus de 700 km de Dunkerque à Barcelone. Mais il fallait compter avec les reliefs. La mesure ne peut se faire en ligne droite mais par triangulation plane, qui consiste à construire un enchevêtrement de

triangles recouvrant la Méridienne et ayant deux à deux un côté commun. Leurs sommets sont des points visibles les uns avec les autres (clochers, sommets de colline...). Il faut mesurer la longueur d'un côté du triangle reposant sur un terrain relativement horizontal. On établit par visées les mesures des angles du triangle afin d'obtenir par calculs trigonométriques la longueur de tous les côtés du triangle et par projection la distance réelle. La longueur du quart de méridien calculée est alors égale à 5 130 740 toises.

D'après www.maths-et-tiques.fr.

Document page 195

Mesure de la circonférence de la Terre

Pour reproduire le calcul d'Ératosthène, nul besoin d'aller en Égypte, ni d'attendre le solstice d'été pour s'y balader à dos de chameau. On peut utiliser deux villes quelconques, du moment qu'elles sont bien situées sur le même méridien. Pour cela il faut adapter un peu la mesure.

Supposons que vous viviez à Strasbourg, et que vous ayez un ami habitant Nice. Le même jour, à midi au soleil, plantez un bâton bien vertical dans le sol, repérez l'ombre formée et mesurez chacun l'angle au sommet. Avec un tout petit peu de géométrie du triangle (voir ci-contre), vous pouvez vous convaincre que l'angle \hat{C} est la différence entre l'angle \hat{B} à Strasbourg et l'angle \hat{A} à Nice. Il ne vous reste plus qu'à connaître la distance entre Strasbourg et Nice, et vous retrouvez la circonférence de la Terre !

D'après sciencetonnante.wordpress.com.

Document page 195

L'Hermione, la « frégate de 12 »

En 1778, dans l'arsenal de Rochefort sur une cale de construction proche de la Corderie Royale, l'Hermione était mise en chantier. Ce navire, doté d'une voilure de 1 500 m² répartie sur trois mâts, faisait partie, avec la Courageuse, la Concorde et la Fée, d'une série de quatre frégates mises en chantier à Rochefort. Appartenant à la catégorie de frégates dites légères, caractérisées par leur vitesse et leur maniabilité, l'Hermione était équipée de 26 canons tirant des boulets de 12 livres, d'où son nom de « frégate de 12 ». Longue de 44,20 m, large de plus de 11 m, la frégate nécessita 11 mois de travail pour des centaines de charpentiers, forgerons, perceurs, cloueurs, bagnards... pour un total de plus de 35 000 journées de travail. Les unités de mesure de distance utilisées dans la marine se définissent notamment à partir de la latitude : 1 mille marin = longueur d'une minute d'arc de méridien ; 1 encablure = 0,1 mille marin ; 1 lieue marine = 1/20 d'un degré de méridien = 3' d'arc de méridien ; 1° d'arc de méridien = 1° de latitude = 20 lieues marines.

D'après www.hermione.com.

Document a page 196

La méthode de triangulation

Jean-Baptiste Colbert (1619-1683), ministre de Louis XIV (1638-1715), marque dès 1663 son désir d'améliorer les cartes du royaume. Pour ce faire, Picard utilise la

triangulation, méthode topographique inventée par le hollandais Snellius, qu'il décrit dans sa *Mesure de la Terre* et perfectionne. Picard et La Hire se rendent ainsi en Bretagne, puis en Guyenne, afin de déterminer les coordonnées géographiques des côtes du royaume.

La triangulation consiste à obtenir par des visées les angles d'un triangle dont les sommets sont choisis pour leur visibilité (tour, sommet, clocher...). On enchaîne ensuite ce premier triangle à un autre qui a un côté en commun avec lui, en poursuivant la chaîne le long du méridien à mesurer. Il suffit de déterminer une base au départ, c'est-à-dire de mesurer au sol un côté du premier triangle, pour obtenir la longueur des côtés de tous les triangles.

D'après expositions.obspm.fr.

Document a page 197

Modèle d'Anaxagore

Vers l'an 434 av. J.-C., le philosophe grec Anaxagore voulait estimer la distance de la Terre au Soleil et le diamètre du Soleil qu'il voyait rond. Des voyageurs revenant de la ville de Syène, en haute vallée du Nil (près du barrage d'Assouan) lui avaient appris que le 21 juin, jour du solstice d'été, à midi, le Soleil se trouvait exactement à la verticale du lieu, et donc que les objets verticaux n'avaient pas d'ombre portée.

D'autre part, il savait que dans le Delta du Nil (à l'emplacement d'Alexandrie), 5 000 stades égyptiens (800 km environ) au nord de Syène, le Soleil était ce même jour à midi, à sept degrés de la verticale. Anaxagore faisant l'hypothèse que la Terre était plane, il calcula que la distance de la Terre au Soleil était égale à 6 500 km. À partir

de ce résultat, mesurant le diamètre apparent du Soleil (soit environ $\frac{1}{2}$ degré) il calcula que le Soleil avait un diamètre voisin de 57 km. Les calculs mathématiques d'Anaxagore étaient corrects, mais l'hypothèse qu'il faisait sur un élément inconnu de lui, était fausse ; la Terre n'est pas une surface plane. Le modèle d'Anaxagore a donc été abandonné très vite.

D'après www.pratclif.com.

Document c page 197

La forme de la Terre

La platitude de la terre est théorisée par une grande communauté de « *truthers* ». La Flat Earth Society, organisation américaine fondée en 1956, fonde cette représentation sur des arguments contrevenant à ceux de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) et des autres agences gouvernementales ou privées développant des programmes spatiaux. Cette idée rassemble des millions de personnes à travers le monde surnommés les « *flat earthers* » (adeptes de la théorie de la Terre plate). Aux États-Unis, environ 12 millions de personnes adhèrent à l'idée que notre planète n'est pas ronde mais au contraire plate, comme un horizon infini que les rayons du Soleil ne font que caresser. En France, 1 personne sur 10 en serait également convaincue.

De nombreux faits, que chacun peut constater, viennent confirmer la rondeur de la Terre. En premier lieu, tous ceux qui ont observé une éclipse lunaire auront constaté que lorsque la Terre vient se positionner entre la Lune et le Soleil, l'ombre formée par celle-ci sur la Lune est complètement sphérique. L'observation astronomique va

également en ce sens puisque, en fonction de l'endroit où nous nous trouvons sur Terre, nous pouvons observer certaines constellations et pas d'autres. Si la Terre était plate, nous pourrions tous observer les mêmes astres. À des distances différentes, certes, mais aucun ne serait obstrué.

Le Soleil est aussi un élément révélateur du caractère sphérique de notre planète. Si la Terre était plate, le Soleil resterait visible même lorsque ses rayons n'atteignent pas la région dans laquelle nous nous trouvons ; les nuits noires et complètes ne pourraient exister dans ce cas. La course du Soleil ainsi que la rotation de la Terre sont très simplement observables avec le déplacement de l'ombre sur nos cadrans solaires en l'espace de 24 heures.

La Flat Earth Society, d'après www.nationalgeographic.fr.