

ment difficile, quand le train est lancé, de se persuader que les poteaux télégraphiques, les arbres et les maisons les plus rapprochés ne fuient pas rapidement, par rapport aux objets plus éloignés et dans une direction opposée à celle où le train se meut. Quand on voit le soleil se lever ou se coucher, il semble contraire au témoignage des sens d'affirmer que c'est la terre, et non le soleil, qui se meut; ce n'est là pourtant qu'un des cas nombreux où ce qu'on appelle le témoignage direct de nos sens n'est qu'une interprétation hypothétique des faits que nous révèle la sensation. Il y avait longtemps qu'on avait établi que c'est vraisemblablement la terre qui tourne et qu'on avait dénoncé l'erreur probable d'une telle interprétation, à première vue exacte et naturelle, du déplacement apparent du soleil et des étoiles, interprétation pourtant universellement admise il y a encore quelques siècles; mais les expériences de M. Foucault ont complété, il y a un certain nombre d'années, la démonstration.

Le mouvement diurne de la terre n'explique pas tous les mouvements apparents des corps célestes. Par exemple, on peut observer que le soleil ne se lève pas tous les jours au même endroit. Au milieu du printemps et au milieu de l'automne, il se lève, avec une précision presque absolue, directement à l'est; mais au milieu de l'été il se lève en des points qui sont plus voisins du nord que du midi; au milieu de l'hiver, il se lève en des points plus voisins du midi que du nord. Le soleil semble en effet tous les jours changer de place dans les cieux, mais le cycle de ces changements est complet au bout d'une année, et au milieu d'un été, il se retrouvera à la place même qu'il occupait au milieu de l'été précédent. Son mouvement apparent est dû en effet au mouvement de translation de notre terre autour du soleil, dans la même direction que celle de la rotation, de l'ouest à l'est. Et

de même que le temps que met la terre à tourner sur son axe constitue un *jour*, de même le temps d'une révolution de la terre autour du soleil forme une *année*. Cette révolution s'accomplit en 365  $\frac{1}{4}$  jours à peu près<sup>1</sup>.

Les différences entre le temps sidéral et le temps solaire sont les conséquences de ce mouvement annuel de la terre. On a dit plus haut que le jour sidéral est de près de quatre minutes plus court que le jour solaire. Le jour sidéral représente le temps d'une rotation complète de la terre sur elle-même, mais le jour solaire correspond non pas simplement à la rotation, mais à ce mouvement combiné avec celui du déplacement progressif de la terre à travers l'espace. Le sujet vaut la peine qu'on s'y arrête, car il offre une des meilleures preuves du mouvement annuel de la terre. Supposons qu'on pût voir passer au méridien aujourd'hui à midi le soleil et aussi une certaine étoile; demain on constaterait que l'étoile aurait atteint le même méridien près de quatre minutes avant le soleil. Mais il est clair que si la terre tournait simplement sur son axe, l'étoile et le soleil devraient passer au méridien en même temps. Le retard dans l'arrivée du soleil est dû à son mouvement apparent dans le ciel, qui est en sens inverse du mouvement diurne des étoiles, en sorte que le soleil semble, en se mouvant au milieu d'elles, rester en arrière. Tel est l'éloignement infini des étoiles, que leur position apparente n'est pas sensiblement affectée par notre voyage annuel autour du soleil; mais le soleil est beaucoup plus voisin de nous, si voisin même, relativement, que sa position apparente en est

1. Plus exactement en 365 jours, 6 heures, 9 minutes, 10,75 secondes du temps solaire moyen. Le calendrier de l'année renfermant 365 jours, l'excédent forme un jour additionnel tous les quatre ans: c'est l'*année bissextile*. Cette addition tient lieu de la correction qui serait nécessaire pour faire tomber les saisons dans les mêmes mois chaque année.

matériellement affectée; aussi semble-t-il être en retard chaque jour sur le précédent<sup>1</sup>. La révolution complète s'accomplissant en une année,  $\frac{1}{365}$  du parcours s'effectuera en un jour. Mais chaque cercle est divisé en 360 degrés : un peu moins d'un degré sera donc franchi chaque jour. Or la 360<sup>me</sup> partie de 24 heures est 4 minutes; le changement de position dû au mouvement *annuel* apparent du soleil sera égal, pour un jour, au changement de position dû à un mouvement *diurne* apparent de quatre minutes.

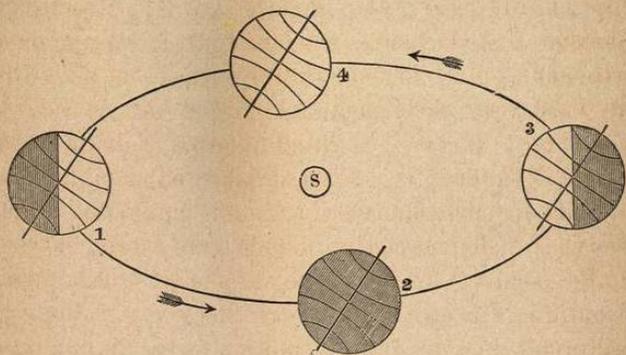


FIG. 118. — Relation de la terre au soleil, dans les différentes saisons.

La position que la terre occupe, par rapport au soleil, aux différentes périodes de son voyage annuel, peut être bien saisie si l'on se réfère à la figure 118. Cette figure

1. Une ingénieuse comparaison d'Arago explique bien ce retard. Imaginez une mouche placée sur un globe en carton tournant d'orient en occident autour de la ligne des pôles. La mouche sera entraînée dans le sens de la rotation du globe, d'orient en occident; mais si on suppose qu'elle marche en même temps d'occident en orient, elle sera toujours entraînée vers l'occident, mais moins que si elle n'avait pas bougé. A chaque révolution complète de la sphère, elle passera au méridien de plus en plus tard. Le soleil n'agit pas autrement que cette mouche

montre la terre dans quatre positions successives correspondant aux quatre saisons. L'orbite de la terre autour du soleil s'appelle *écliptique*<sup>1</sup>; et si l'on suppose un plan passant par cette orbite et par les centres de la terre et du soleil, ce plan formera le *plan de l'écliptique* ou le plan de l'orbite de la terre.

De ce que nous avons déjà dit (p. 375), on peut conclure que l'axe de la terre ne se trouve pas dans ce plan, et qu'il ne lui est pas perpendiculaire, mais qu'il est incliné sur ce plan. Il est, en effet, incliné, comme le représente la figure, d'un angle de  $66^{\circ} 32'$ ; et cette inclinaison reste la même pendant tout le voyage de la terre sur son orbite; en d'autres termes, on peut dire que l'axe reste parallèle à lui-même et tourné vers le même point du ciel<sup>2</sup>. Si grand que soit le diamètre de l'orbite de la terre, il est insignifiant quand on le compare aux distances énormes qui nous séparent des étoiles dites fixes. Si donc le pôle nord de la terre est tourné vers l'étoile polaire, en une partie de l'orbite de la terre, il continuera à être tourné vers elle pendant toute la révolution, quoique cette révolution forme un immense circuit dans le ciel.

En se reportant maintenant à la figure 118, on verra clairement comment l'inclinaison de l'axe de la terre affecte, quant à la quantité, la lumière et la chaleur que le globe reçoit du soleil aux différentes saisons. Supposons que la terre soit dans la position qu'elle occupe le 21 juin et que représente le n° 1 de la figure. Il résulte, on le voit, de l'inclinaison de l'axe que le pôle nord est

1. *Écliptique*, ainsi nommée parce que les *éclipses* ne se produisent que quand la lune se trouve sur cette orbite ou dans son voisinage.

2. Il convient cependant de dire que le pôle de la terre subit un changement lent de position, de telle sorte qu'il n'est pas toujours tourné exactement vers le même point du ciel. Mais ce mouvement est si lent que le pôle mettrait 25 868 années à accomplir une révolution complète.

entièrement exposé au soleil, et que la moitié de la terre éclairée par le soleil comprend une portion bien plus grande de l'hémisphère boréal que de l'hémisphère austral. Comme la terre tourne autour de cet axe incliné, le pôle nord et les régions environnantes continueront à être éclairés durant tout le cours de la rotation. Le soleil ne se couchera pas dans un cercle mesurant  $23^{\circ} \frac{1}{2}$  à partir du pôle nord; et il ne se lèvera pas dans un cercle égal autour du pôle sud. Partout, en dehors des régions polaires, il y aura alternance de jour et de nuit pendant les 24 heures; mais le jour et la nuit ne seront nulle part égaux, si ce n'est à l'équateur. Ainsi une contrée quelconque de l'hémisphère boréal, telle que la France, aura des jours beaucoup plus longs que n'y seront les nuits; car la figure montre qu'elle demeurera pendant la rotation plus longtemps au soleil qu'à l'ombre. En effet, quand la terre est dans cette position, l'hémisphère boréal est au solstice d'été et, comme la figure le montre, l'hémisphère méridional est au solstice d'hiver. La figure 119, qui est une représentation agrandie de la terre dans la même position que celle du globe du n° 1 de la figure 118, donne une idée plus claire de tous ces faits.

De juin à septembre, la terre, en tournant autour du soleil, parcourt un quart de son orbite. Les jours dans l'hémisphère boréal sont devenus de plus en plus courts et les nuits de plus en plus longues; quand la terre est arrivée à la position du n° 2 dans la figure 118, c'est-à-dire le 22 septembre, elle est éclairée comme l'indique la figure 120<sup>2</sup>. La limite entre la moitié éclairée et la moitié

1. *Solstice*, du lat. *sol*, soleil, et *sisto*, je m'arrête, parce que le soleil semble demeurer immobile dans le ciel en ce point de sa course.

2. Du point de vue où cette figure est supposée être prise, l'inclinaison de l'axe n'est pas d'abord apparente. Comme l'axe est toujours dans une même direction, il ne peut s'incliner ici vers le soleil comme

laissée dans l'ombre se confond exactement avec un méridien, d'un pôle à l'autre. Tous les points de la surface de la terre seront donc exactement aussi longtemps au soleil qu'à l'ombre, et la nuit et le jour seront égaux dans tout le globe.

En passant du n° 2 au n° 3 de la figure 118, on voit que les nuits des latitudes septentrionales deviennent

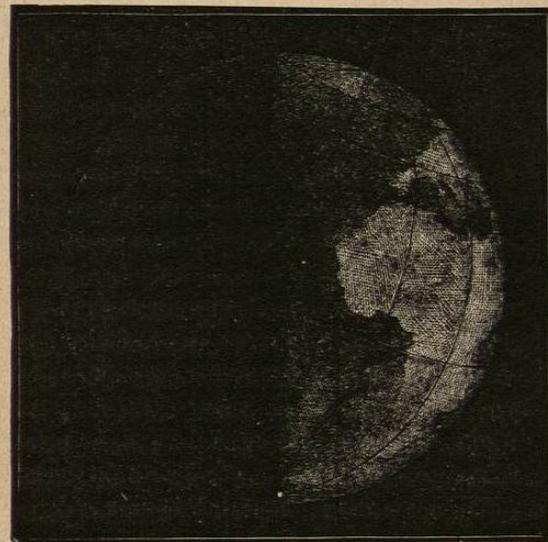


FIG. 119. — La terre au solstice d'été.

plus longues et les jours plus courts. Quand la terre est

il faisait dans la position représentée dans la figure 119. Dans ces deux figures, on suppose qu'une ligne tirée de la terre au soleil s'étend dans le sens du plan du papier de la figure 118. Un plan passant par les deux pôles et le centre du soleil coïncide avec le plan du papier dans la figure 119, mais la terre ayant parcouru un quart de cercle pour en arriver à la position représentée dans la figure 120, le plan des pôles et du centre du soleil forme alors un angle droit avec celui du papier et on voit en raccourci dans la partie supérieure de la figure la région circumpolaire du nord.

dans la position du n° 3, c'est-à-dire vers le 21 décembre, elle offre des conditions de lumière et d'ombre exactement opposées à celles représentées dans la figure 119. En effet le pôle nord est alors aussi loin que possible du soleil, et les régions polaires du nord se meuvent au milieu de la nuit, tandis que les régions polaires du sud jouissent de la clarté d'un jour ininterrompu.

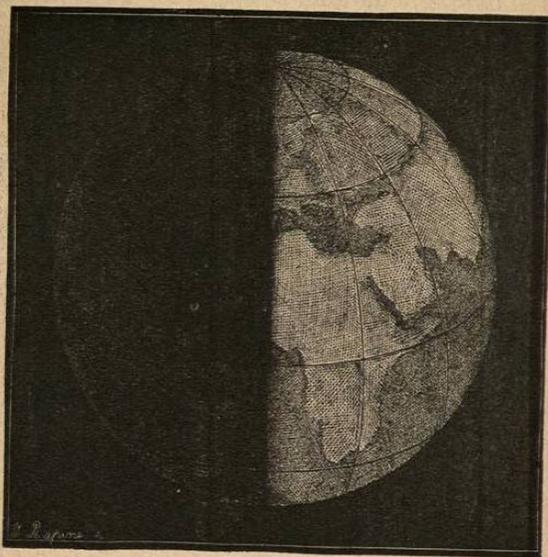


FIG. 120. — La terre à un équinoxe.

Durant l'autre moitié de sa révolution, du n° 3 au n° 1, la terre passe par des phases successives semblables à celles qui viennent d'être décrites, mais en sens inverse. Quand elle est en la position indiquée au n° 4, c'est-à-dire le 22 mars, il y a de nouveau douze heures de jour dans toutes les parties du monde.

On comprendra maintenant comment deux fois par an, quand la terre se trouve à des points opposés de

son orbite, les jours et les nuits sont partout égaux. On désigne ces deux périodes du nom d'*équinoxes*<sup>1</sup>. L'un tombe en mars, c'est l'*équinoxe du printemps* ou *équinoxe vernal*; l'autre en septembre, c'est l'*équinoxe d'automne*. Il y a, au contraire, deux autres périodes dans lesquelles la terre se trouve à des points opposés de son orbite et où l'inégalité des jours et des nuits est la plus grande. On désigne ces périodes du nom de *sols-tices*.

Quand on parle de la révolution de la terre autour du soleil, il faut mentionner que l'orbite de la terre n'est

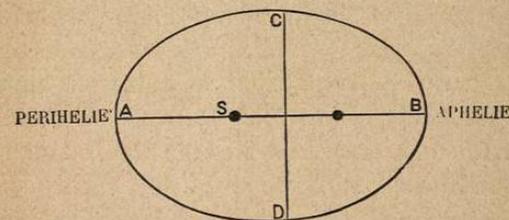


FIG. 121. — Perihélie et aphélie. La différence entre le grand et le petit axe est considérablement exagérée.

pas strictement un cercle, mais une courbe de l'espèce qui a été décrite dans le dernier chapitre sous le nom d'ellipse. Dans une ellipse (fig. 121), le diamètre le plus long, AB, s'appelle le grand axe et le plus court, CD, le petit axe. Sur le grand axe, il y a deux points qui ont la propriété suivante : Deux lignes quelconques étant menées de ces deux points à un même point de la courbe, la somme des longueurs de ces lignes est égale à une longueur constante. Ces deux points sont les foyers de l'ellipse. Dans l'orbite elliptique de la terre, le soleil occupe un de ces foyers, S. Il est donc évident que quand la terre est en A, elle doit se trouver plus près du soleil

1. *Équinoxe*, du lat. *æquus*, égal, et *nox*, nuit.

que quand elle est en B. La plus courte distance s'appelle le *périhélie*<sup>1</sup>, la plus grande l'*aphélie*<sup>2</sup>.

A première vue, on croirait pouvoir induire que la terre doit être le plus échauffée quand elle est au périhélie, puisqu'elle est alors le plus rapprochée du soleil. En fait, la terre est au périhélie vers la Noël, c'est-à-dire à l'époque à peu près la plus froide de l'année dans l'hémisphère boréal, et elle est à l'aphélie vers le commencement de juillet. Il y a en effet plusieurs influences qui tendent à neutraliser les effets de la proximité relative du soleil. Ainsi, quand la terre est au périhélie, les jours sont courts, car le soleil ne demeure pas longtemps au-dessus de l'horizon. En outre il ne s'élève pas haut dans le ciel en cette saison ; il en résulte que ses rayons tombent sur la terre très obliquement, et qu'ils ont en conséquence moins de pouvoir échauffant que s'ils tombaient plus directement sur sa surface. De plus il faut se rappeler que la terre se meut plus rapidement à mesure qu'elle se rapproche du soleil. Ces influences compensent et au delà l'accroissement de chaleur qui pourrait résulter de la proximité plus grande de la source même de la chaleur. Ce paradoxe apparent, que la terre est plus voisine du soleil durant l'hiver que durant l'été, se comprend donc aisément.

Il est évident que la température d'un endroit quelconque dépend principalement de la durée du temps pendant lequel il est approvisionné des rayons du soleil et de la direction dans laquelle il reçoit ces rayons. Dans nos pays, par exemple, c'est quand le soleil a brillé pendant les jours les plus longs et quand il monte le plus haut dans le ciel que la température est le plus élevée. Mais la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, en France, ne

1. *Périhélie*, du grec *περί*, près de, et *ἥλιος*, le soleil.

2. *Aphélie*, de *ἀπο*, loin de, et *ἥλιος*.

dépasse jamais les deux tiers de la distance de l'horizon au zénith.

A l'équateur, on a le soleil directement au-dessus de la tête, en d'autres termes, le soleil est au zénith à midi au printemps et à l'automne, et il n'est jamais à plus de  $23^{\circ}\frac{1}{2}$  du zénith à l'un ou à l'autre solstice ; dans cette partie de la terre les jours et les nuits sont égaux toute l'année. Dans un cercle de  $23^{\circ}\frac{1}{2}$  de latitude, des deux côtés de l'équateur, s'étend la zone appelée *tropicale* ou *torride*. Dans tous les endroits situés à l'intérieur de cette zone, le soleil est au zénith deux fois par an et il n'est jamais à plus de  $47^{\circ}$  du zénith. De là la chaleur intense des régions tropicales. On appelle *tropiques* les limites de ces zones, et les contrées immédiatement extérieures à ces cercles forment les régions *subtropicales*.

On peut décrire autour de chaque pôle un cercle de  $23^{\circ}\frac{1}{2}$  ; ce cercle enfermera les régions *polaire* ou les zones *glaciales*. Le cercle du nord s'appelle *cercle arctique*, celui du sud *cercle antarctique*. Aux pôles mêmes le soleil est pendant six mois consécutifs au-dessus de l'horizon et au-dessous pendant une période égale. Mais malgré la longueur du jour polaire, l'obliquité extrême des rayons empêche le soleil d'avoir un pouvoir échauffant aussi considérable que dans les autres zones. En effet, aux pôles, le soleil ne s'élève jamais à plus de  $23^{\circ}\frac{1}{2}$  au-dessus de l'horizon.

Entre la zone torride et les zones glaciales, s'étend dans chaque hémisphère une large bande de la surface terrestre connue sous le nom de zone *tempérée*. La figure 122 montre la distribution en zones, de la surface du globe.

Ces zones se distinguent, comme on vient de l'expliquer, par leurs différences de climat. Dans la détermination des climats l'influence prépondérante est

naturellement la chaleur solaire et le climat d'un lieu quelconque dépend avant tout de la longueur des jours et des nuits et de la durée relative des saisons. Mais le climat est aussi considérablement modifié par la nature de la surface, terrestre ou marine. L'eau perd sa chaleur bien plus lentement que la terre et elle en conserve de la sorte comme une réserve qui sert à égaliser

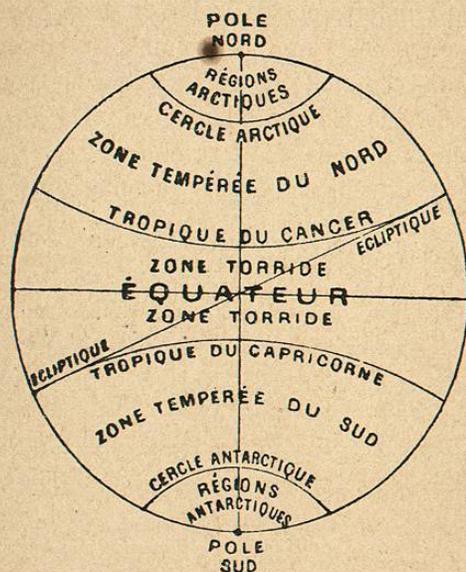


FIG. 122. — Zones de la surface de la terre.

la température. Dans l'intérieur des continents, le climat dépend, dans une très grande mesure, de l'altitude. En effet, le voyageur qui, dans un pays chaud, parti d'une plaine, gravit une montagne, observe mille changements dans les caractères de la vie animale et végétale, changements analogues à ceux qu'on peut observer en passant des basses latitudes aux latitudes élevées. Même dans la zone torride, les points les plus

élevés des régions montagneuses sont recouverts d'une neige perpétuelle. Les vents, en transportant la chaleur et l'humidité d'un point à un autre, et les courants marins, tels que le Gulf Stream dont nous avons déjà décrit les effets (p. 200), influent aussi sur le climat.

Le climat détermine à un haut degré les caractères des animaux et des plantes d'un pays, sa faune et sa flore. En étudiant l'histoire passée du bassin de la Seine, telle que la révèlent les restes organiques décrits au chapitre xvii, on reconnaît que sa surface a été soumise à différentes époques à de grandes vicissitudes de climat; il fut un temps où elle était revêtue d'une végétation tropicale ou subtropicale, tandis qu'à une autre époque elle offrit à des troupeaux de mammifères du nord tels que le renne, les pâturages et les herbes que ces animaux recherchent. On peut expliquer en partie ces différences de climat par des modifications intervenues dans la distribution des masses respectives de la terre et de l'eau; mais certains changements climatiques ont été si extrêmes que les géologues ont été amenés à en chercher l'explication dans des causes astronomiques.