

Pour les cartes arctiques, on se sert de la *projection polaire* représentée dans la figure 116. Ici les parallèles de latitude sont des cercles concentriques autour du pôle et les méridiens prennent la forme de lignes droites rayonnantes. Le géographe, dans la construction de cette carte, est supposé avoir les yeux au centre du globe et reproduire ce qu'il voit sur

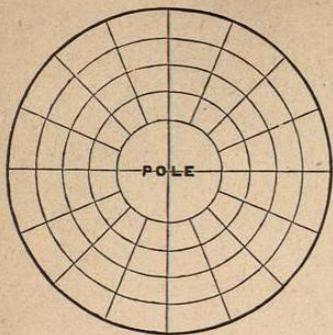


FIG. 116. — Projection polaire.

un plan qui est à l'extrémité de l'axe et lui est perpendiculaire (voy. la carte des régions arctiques, p. 350).

CHAPITRE XX

LES MOUVEMENTS DE LA TERRE

On a montré dans les chapitres précédents que les eaux de la terre sont dans un état de constante circulation; que l'atmosphère n'est jamais en repos; que les matières solides de la croûte terrestre changent lentement, mais incessamment de position et que la matière du monde organisé est soumise, à un degré encore plus marqué, à des transformations périodiques. Le repos absolu est à vrai dire un état entièrement inconnu sur la surface de la terre. Le globe lui-même n'échappe pas au mouvement et les mouvements qui l'affectent sont d'un ensemble bien plus grandiose encore. La boule immense qui a été décrite au dernier chapitre est constamment agitée. Elle est animée d'un double mouvement, un mouvement de rotation, car la terre tourne perpétuellement sur elle-même à la façon d'une toupie, et un mouvement de révolution, car elle s'avance à travers l'espace et est entraînée autour du soleil.

Si la terre était fixe dans l'espace sans être animée d'aucun de ces deux mouvements, il est évident que l'hémisphère tourné vers le soleil jouirait sans interruption de la lumière solaire, tandis que l'hémisphère opposé serait plongé dans une ombre permanente; en

d'autres termes, un jour perpétuel règnerait sur une moitié de la terre, et une nuit perpétuelle sur l'autre moitié. L'hémisphère éclairé sur lequel brilleraient constamment les rayons du soleil, subirait naturellement une chaleur intense, et l'hémisphère obscur un froid non moins intense par suite du libre rayonnement de sa chaleur dans l'espace. Dans ces conditions, la partie la plus chaude du monde serait le milieu de l'hémisphère faisant face au soleil, parce que les rayons du soleil tomberaient alors directement sur sa surface; et la chaleur diminuerait sur les bords de cet hémisphère, parce que les régions les plus éloignées du centre de la partie éclairée recevraient obliquement les rayons du soleil.

Si la terre n'avait pas d'atmosphère, le contraste des climats des deux hémisphères serait des plus frappants, car la moitié de la terre tournée vers le soleil absorberait toute la chaleur qui lui serait envoyée, tandis que l'autre moitié ne cesserait de perdre de sa chaleur par rayonnement dans l'espace. Mais si la terre était entourée d'une enveloppe atmosphérique, des courants se formeraient dans l'air et ces courants tendraient à tempérer le climat. Du centre surchauffé de l'hémisphère éclairé, l'air brûlant s'élèverait et se répandrait de tous côtés, à travers les régions les plus hautes de l'atmosphère; au contraire, l'air moins chaud et partant plus dense se précipiterait des régions environnantes à travers les couches les plus basses de l'atmosphère, pour prendre la place de l'air précédemment échauffé. Quiconque serait à la surface d'une terre ainsi disposée observerait des vents soufflant de tous les points cardinaux directement vers le milieu de l'hémisphère faisant face au soleil.

Si maintenant la terre commençait à tourner, les phénomènes nouveaux qui se produiraient alors dépendraient de la direction de la ligne imaginaire ou de l'axe

autour duquel la terre tournerait. L'axe de la terre coïncide avec le diamètre polaire et les points que nous avons décrits dans le dernier chapitre comme étant les *pôles* de la terre sont les extrémités de cette ligne imaginaire. Supposons d'abord que l'axe coïncide avec un rayon prolongé du soleil, comme dans le premier dessin de la figure 117 où l'axe est représenté par une ligne noire épaisse, et où le soleil, supposé à une très

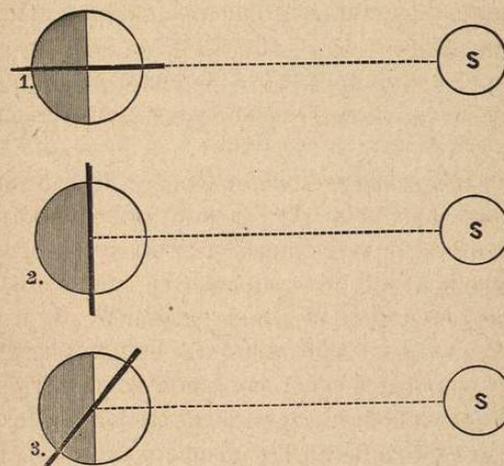


FIG. 117. — Effet produit par un changement de position de l'axe de la terre relativement au soleil.

grande distance, est représenté par un petit cercle. Il est clair qu'alors la même moitié de la terre serait toujours tournée vers le soleil, et le seul effet de sa rotation rapide serait de modifier la direction des vents de manière que nous expliquerons tout à l'heure. Mais supposons maintenant que l'axe soit *perpendiculaire* à un rayon prolongé du soleil, comme le représente le second dessin: la rotation de la terre amènerait alors successivement les différentes parties de sa surface en face du soleil, et elles

seraient toutes ainsi à leur tour éclairées et échauffées. En fait, cette rotation produirait l'alternance du jour et de la nuit, et les jours et les nuits seraient égaux sur toute la surface du globe et en tout temps. Les pôles seraient les parties les plus froides, et tous les points de la surface, à égales distances des pôles, seraient également échauffés et également éclairés. Enfin les vents prenant naissance dans les courants inférieurs se dirigeraient obliquement des pôles vers l'équateur et ceux formés par les courants supérieurs souffleraient en sens contraire.

Supposons enfin que l'axe de la terre ne soit ni dans la première position que nous avons indiquée, ni dans celle que représente le second dessin, mais qu'il occupe une position intermédiaire, comme celle que l'on voit dans la troisième figure. Il est évident qu'ici le pôle tourné vers le soleil aurait abondance de lumière et de chaleur, tandis que le pôle opposé, à l'écart du soleil, serait dans une obscurité et dans un froid perpétuels.

Or, en fait, l'axe de notre terre est dans la position que représente ce dernier cas ; mais par suite d'autres mouvements qui seront expliqués plus loin, nulle partie de sa surface n'est obscure et froide d'une manière permanente.

Si on considère pendant quelque temps les étoiles par une nuit claire, on observe qu'elles semblent se mouvoir à travers les cieux de l'est à l'ouest, comme fait le soleil durant le jour, et si l'une de ces étoiles était assez brillante pour projeter une ombre, on pourrait faire un cadran sidéral pour la nuit, comme on fait des cadrans solaires pour le jour. Si cette étoile était de celles qui ne se couchent jamais en France, telle que, par exemple, l'étoile qui est à l'extrémité de la queue de la Grande Ourse (fig. 1), son ombre décrirait dans le cours de la nuit un arc de cercle, de même que

l'ombre projetée par le soleil décrit un arc de cercle durant le jour. Supposons que le cercle fût complété et qu'il fût divisé en 86 164 parties égales, l'observation montrerait alors que l'ombre projetée par l'étoile traverse ces parties égales en périodes égales de temps ; chacune de ces périodes est ce qu'on appelle une *seconde*. L'ombre reviendrait donc au même endroit chaque nuit, précisément en 86 164 secondes. Si une pendule très exacte et marquant les secondes avait un cadran dont le contour fût divisé en 86 164 parties et une seule aiguille qui s'avancât de l'une à l'autre de ces divisions à chaque battement, le mouvement de cette aiguille correspondrait exactement à celui de l'ombre de l'étoile. Et si un point du cadran marquait deux heures en un certain point de la course de l'ombre, lorsque l'ombre de l'étoile reviendrait à cet endroit, l'aiguille de la pendule marquerait de nouveau deux heures.

Une pendule de ce genre indiquerait le temps *sidéral* et les 86 164 secondes (ou 23 heures 56 minutes et 4 secondes) formeraient un jour mesuré par la pendule sidérale. Le mouvement apparent des étoiles étant dû à la rotation de la terre sur son axe, l'aiguille de la pendule sidérale mettrait pour revenir à son point de départ sur le cadran, exactement le même temps que la terre pour tourner sur son axe ; c'est cette période de temps (86 164 secondes) qu'on appelle *jour sidéral*.

Mais, en pratique, cette pendule serait de fort peu d'utilité. A moins d'être astronome, quand on demande l'heure, ce n'est pas qu'on désire savoir où en est la rotation de la terre sur son axe par rapport à une étoile particulière ; on veut connaître l'heure du jour ou l'heure de la nuit, s'il est matin ou après-midi. Demander à notre pendule sidérale une réponse à ces questions serait pis qu'inutile. Car à supposer qu'un certain jour midi de la pendule sidérale correspondit exactement à midi indiqué

par le soleil, le jour suivant, la pendule sidérale marquerait midi près de quatre minutes en avance, et le jour d'après l'avance sur la veille ne serait pas moindre; en sorte qu'au bout d'un trimestre, midi de la pendule sidérale correspondrait à six heures du matin. Bref, midi à la pendule sidérale pourrait indiquer une heure quelconque du jour ou de la nuit. La raison de ce fait, c'est que le jour et la nuit dépendent du soleil et que le soleil ne marque pas le temps sidéral. En premier lieu, l'intervalle entre le temps où l'ombre marque sur un cadran solaire midi en un certain jour et le temps où elle marque midi le jour suivant est toujours supérieur à 86 164 secondes; et, en second lieu, la différence n'est pas toujours la même, mais est parfois plus ou moins grande. Si le cadran solaire était une pendule, nous dirions en effet de cette pendule qu'elle ne va pas très bien; et la seule manière de régler une bonne pendule, de telle sorte qu'elle marque chaque jour midi ou à peu près quand le soleil marque midi, est de calculer la moyenne de toutes les irrégularités du cadran solaire et d'ajouter cette moyenne au nombre de secondes que marquerait la révolution de l'aiguille d'une pendule sidérale dans le cours d'une journée.

Cette moyenne est de 236 secondes, lesquelles, ajoutées à 86 164, donnent les 86 400 secondes qui composent les 24 heures ou *jour solaire moyen* du temps légal. Pour la commodité de l'usage, on compte ces vingt-quatre heures, non par une seule révolution de l'aiguille des heures d'une pendule ordinaire, mais par deux révolutions; c'est ainsi que le XII des cadrans de nos pendules indique très approximativement midi et minuit tels que les détermine le passage du soleil au méridien. Cependant le midi marqué par la pendule ne coïncide exactement avec le midi du cadran solaire que quatre fois dans l'année; dans les périodes intermédiaires, le cadran

solaire est soit en avance, soit en retard sur la pendule.

La forme de la terre étant à peu près celle d'une sphère, il s'ensuit que les différents points de la surface de la terre doivent se mouvoir, durant la rotation diurne, avec des vitesses inégales. Un point quelconque situé sur l'équateur décrira un cercle égal à la circonférence de la terre. La circonférence de la terre est d'environ 40 000 kilomètres; et comme la rotation s'achève en vingt-quatre heures environ, la vitesse dont est animée la région équatoriale doit être quelque chose comme 1666 kilomètres à l'heure. Mais en allant de l'équateur au nord ou au sud, le cercle décrit par un point quelconque sur la sphère tournante deviendra plus petit, ainsi que le montre la diminution de diamètre des cercles de latitude. Cependant tous les points de la surface mettent le même temps à tourner; la vitesse de la rotation doit donc diminuer de plus en plus à mesure que les cercles deviennent de plus en plus petits. En effet aux pôles la vitesse est nulle. Le pôle représente simplement l'extrémité de la ligne imaginaire sur laquelle tourne la terre et il est lui-même stationnaire.

Tout ce qui est à la surface de la terre se trouve nécessairement entraîné dans le mouvement de rotation du globe. L'atmosphère, comme il a été dit au chapitre VI, peut être regardée comme partie intégrante de la terre; elle forme, en effet, une enveloppe gazeuse qui entoure complètement le globe et participe à tous ses mouvements. L'atmosphère tourne donc avec la même vitesse que la surface qu'elle recouvre. Mais cette surface est animée d'un mouvement de rotation qui, comme on vient de l'expliquer, varie avec les latitudes; il en résulte que l'atmosphère, immobile au-dessus des pôles, se meut avec une vitesse croissante dans les latitudes plus basses et finit par atteindre la vitesse de 1666 kilomètres à l'heure à l'équateur. Si donc un courant d'air

se dirige d'un des pôles vers l'équateur et se meut directement du nord au sud, c'est-à-dire le long d'un méridien, il tendra constamment à rester en arrière de la surface de la terre. Au point de départ, l'air est stationnaire, parce que le pôle lui-même n'est animé d'aucun mouvement; et si l'on pouvait supposer qu'un tel courant d'air courût directement au sud sans entrer en contact avec aucun objet, les points successifs de la surface de la terre sur lesquels il passerait tourneraient au-dessous de lui avec une vitesse constamment croissante jusqu'à ce qu'à l'équateur ils finissent par tourbillonner vers l'est à la vitesse de 1666 kilomètres à l'heure. Imaginez que l'air ainsi transporté d'un pôle à l'équateur vienne en contact avec la surface de la terre dans cette dernière région. L'effet immédiat produit sur les corps de la surface serait le même que s'ils étaient transportés à travers un air calme vers l'est à la vitesse de 1666 kilomètres par heure. C'est dire qu'ils sembleraient soumis à un ouragan effroyable soufflant de l'est, de même que le voyageur passant en wagon, avec une vitesse de soixantedix kilomètres à l'heure, à travers un air parfaitement calme, sent comme un coup de vent soufflant de la direction dans laquelle il est entraîné.

Mais l'air soufflant des pôles, à mesure qu'il s'avancerait vers le sud, serait bientôt influencé par le mouvement des régions au-dessus desquelles il flotterait. Il serait donc détourné vers l'est, et cette déviation augmenterait constamment jusqu'à ce qu'elle finit par atteindre son maximum à l'équateur. Dans son passage des hautes aux basses latitudes, la rapidité du mouvement imprimé vers l'est au courant d'air n'aurait cessé de s'accroître. Mais l'expérience journalière montre qu'un corps ne peut en un instant s'accommoder d'une modification considérable de mouvement. Si une voiture part tout d'un coup ou qu'elle accroisse tout d'un coup

la rapidité de son mouvement, le voyageur sera vraisemblablement projeté dans une direction opposée à celle du mouvement. De même l'air, en passant des hautes aux basses latitudes, est, pour ainsi dire, en retard et reste en arrière; c'est ainsi que, tandis que la terre tourne sur elle-même de l'ouest à l'est, l'air en allant vers le sud acquiert un mouvement relatif de l'est à l'ouest.

Un mouvement relatif vers l'ouest serait donc imprimé pendant sa course au courant parti du pôle nord; et, par suite de la combinaison des deux mouvements, celui du nord et celui de l'est, le vent ainsi produit semblerait venir du nord-est; en d'autres termes, il semblerait être un vent du nord-est et non du nord¹.

Un cas comme celui que nous venons de discuter n'est nullement imaginaire. En fait, du voisinage de l'équateur où la chaleur est le plus grande et l'évaporation le plus rapide, il s'élève constamment, par suite de la légèreté relative de l'air, un courant atmosphérique chaud et humide. Un air plus froid et plus dense se précipite des régions au nord et au sud du cercle équatorial, pour prendre la place de l'air qui s'est ainsi élevé. Cependant cet air qui fait ainsi irruption n'a point, dans l'hémisphère boréal, les apparences d'un vent du nord, ni dans l'hémisphère austral, celles d'un vent du sud. Il vient, en effet, de régions où la rapidité de la rotation est moindre; il reste donc en arrière de la terre dans sa rapide rotation de l'ouest à l'est. Aussi le courant septentrional souffle-t-il du nord-est en atteignant la zone équatoriale, et le courant méridional du sud-est. De ce fait on est amené naturellement à induire que des vents d'une direction plus ou moins constante doivent

1. Il peut être utile de remarquer que les vents tirent leurs noms des points d'où ils soufflent. Au contraire les courants marins sont désignés d'ordinaire d'après le point vers lequel ils se dirigent. Ainsi un vent du N. E. souffle du N. E., mais un courant N. E. coule vers le N. E.

souffler sur les régions de l'Océan Atlantique et de l'Océan Pacifique qui s'étendent jusqu'à une certaine distance des deux côtés de l'équateur et que leur direction sera du nord-est dans la zone tropicale du nord, et du sud-est dans la zone tropicale du sud. Ces vents constants ou *alizés* étaient d'une telle importance pour la navigation, avant que fussent venus les temps de la marine à vapeur, que le commerce du monde en dépendait dans une mesure importante : de là, le nom qu'on leur donne en Angleterre de « *Vents du Commerce* » (*Trade Winds*).

On vient de dire que les vents alizés soufflent dans une direction *plus ou moins constante*. Cette restriction est nécessaire, parce que la nature du vent est considérablement modifiée par les circonstances locales, telles que la distribution de la terre et de l'eau et l'altitude des terres voisines. Les vents alizés ne sont pas également caractérisés dans les deux grands océans, et leur force y varie selon les saisons.

On peut se demander ce qu'il advient de l'air qui s'élève des régions chaudes de l'équateur. Cet air, en atteignant des régions plus élevées de l'atmosphère, flotte au-dessus des courants qui glissent sur la surface au-dessous ; il produit ainsi des courants qui dérivent vers le nord dans l'hémisphère boréal et vers le sud dans l'hémisphère austral. Mais ces courants supérieurs passent de régions animées d'une vitesse de rotation considérable à des régions animées d'une vitesse moindre ; leur mouvement est donc plus rapide que celui de la surface terrestre immédiatement au-dessous d'eux, et ils dépassent ainsi la terre dans sa rotation. Ils sont donc déviés de la direction nord-sud, mais dans un sens opposé à celui des alizés ; c'est-à-dire qu'ils soufflent du sud-ouest dans l'hémisphère boréal et du nord-ouest dans l'hémisphère austral. On peut recon-

naître à leurs effets sur les nuages les plus élevés ces courants supérieurs qui se meuvent en sens inverse des vents de surface. Ces courants se refroidissent dans les régions les plus hautes de l'atmosphère, et, vers le trente-cinquième parallèle de latitude, leur densité devient assez grande pour qu'ils descendent à la surface. Une partie de cet air retourne alors, sous la forme d'un courant inférieur, à l'équateur où il s'échauffe de nouveau et d'où il s'élève encore, complétant ainsi la circulation dans cette région de l'atmosphère. Une autre partie de l'air que sa densité fait descendre continue sa course et forme un vent du sud-ouest, dans l'hémisphère boréal, un vent du nord-ouest dans l'hémisphère austral ; mais ces vents sont loin d'avoir la régularité des alizés. Telle est peut-être, en partie au moins, l'origine des vents du sud-ouest qui dominent dans les contrées de l'Europe occidentale, en France en particulier ; ces vents sont ceux qui nous apportent la plupart de nos pluies (p. 50) : c'est ainsi que la rotation de la terre n'est pas sans influencer sur l'alimentation des sources du bassin de la Seine.

Le mouvement diurne de la terre rend compte d'un grand nombre des mouvements apparents des corps célestes. Ainsi tous les jours le soleil semble se lever à l'est, et après avoir traversé le ciel suivant une ligne courbe, il paraît se coucher à l'ouest. Toutes les nuits aussi certaines étoiles semblent de même se lever et se coucher ; et l'apparence ne ment pas, si, comme nous le savons par des raisons indépendantes, la terre tourne sur son axe de l'ouest à l'est.

Une observation que chacun a faite en voyageant en chemin de fer, c'est que, si l'on se trouve en wagon dans une station le long d'un autre train, on se figure toujours que ce train se déplace, tandis que c'est celui où l'on est qui se met en marche en se déplaçant d'abord doucement. En regardant par la fenêtre, il est réelle-