

être en retard de $27^m 18^s,8$ sur celles de Paris; de même, la longitude de Strasbourg étant de $5^{\circ} 24' 54''$ à l'est du méridien de Paris, les horloges de Strasbourg doivent être en avance de $21^m 39^s,6$ sur celles de Paris.

Lorsque nous avons fait connaître le principe de la mesure des longitudes géographiques (§ 99), nous avons fondé cette mesure sur l'observation du temps sidéral compris entre les passages d'une même étoile dans les méridiens des deux lieux dont on veut trouver la différence de longitude. Il est clair qu'on peut également arriver au résultat en cherchant le temps solaire compris entre les passages du centre du soleil dans ces deux méridiens. Or, ce temps n'est autre chose que la différence des heures marquées simultanément par deux horloges réglées sur les temps solaires des deux lieux dont il s'agit : on n'aura donc qu'à comparer les marches de ces deux horloges, en employant un des moyens indiqués (§ 99), pour trouver la différence de longitude qu'on veut obtenir.

§ 181. Pour régler une horloge sur le temps solaire, il faut faire en sorte qu'elle marque $0^h 0^m 0^s$ à l'instant précis où le centre du soleil passe au méridien du lieu où l'horloge se trouve. Pour cela, on peut employer plusieurs moyens que nous allons indiquer.

Lorsqu'on a une lunette méridienne à sa disposition (§ 73), il suffit d'observer successivement les passages des deux bords du soleil, à l'aide de cette lunette, pour en conclure avec une grande exactitude l'instant auquel le centre de l'astre a traversé le méridien du lieu; si l'horloge que l'on veut régler ne marque pas $0^h 0^m 0^s$ à cet instant, on saura de combien elle avance ou elle retarde, et l'on pourra la remettre à l'heure. Ce moyen réunit le double avantage d'être très-simple, et de fournir la plus grande précision que l'on puisse atteindre; mais il ne peut évidemment être employé que dans un très-petit nombre de cas.

Un gnomon (§§ 121 et 116) permettant également d'observer l'instant du passage du soleil au méridien, on peut s'en servir de la même manière que de la lunette méridienne, pour régler une horloge; mais il n'est pas possible d'arriver ainsi à une aussi grande précision. Les cadrans solaires, qui sont de véritables gnomons, sont construits dans ce but; mais, par une disposition spéciale que nous expliquerons bientôt, ils ne font pas seulement connaître l'instant où il est midi : ils indiquent, en outre, à un instant quelconque de la journée, l'heure que doit marquer une horloge réglée sur le temps solaire, et peuvent par conséquent remplacer une pareille horloge.

En vertu du mouvement diurne, le soleil, après son lever, monte d'abord de plus en plus au-dessus de l'horizon, jusqu'à midi; puis sa hauteur diminue progressivement, jusqu'à son coucher. La symétrie que présente ce mouvement apparent diurne du soleil, par rapport au méridien du lieu, fait que les instants auxquels il se trouve à une même hauteur au-dessus de l'horizon, avant et après midi, sont également éloignés de midi. Si donc on mesure la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon à un instant quelconque, avant midi, puis qu'après midi on attende l'instant auquel la hauteur du soleil redevient égale à celle que l'on avait trouvée d'abord, la comparaison des heures marquées par l'horloge, à ces deux instants, fera voir de combien elle avance ou retarde sur le temps solaire. Le changement de la déclinaison du soleil, dans l'intervalle des deux observations, les réfractions inégales que les rayons solaires peuvent éprouver de la part de l'atmosphère, en raison des variations de température et de pression, sont autant de causes qui tendent à rendre inexact le résultat qu'on obtient ainsi. Il existe des moyens de se mettre à l'abri de ces causes d'erreur; mais ce serait sortir du cadre de cet ouvrage que d'entrer dans plus de détails à ce sujet : nous nous contenterons d'avoir fait connaître le principe de la méthode, qui porte le nom de *méthode des hauteurs correspondantes*.

La mesure d'une seule hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, effectuée à un instant quelconque de la journée, suffit pour faire connaître l'heure que doit marquer à cet instant une horloge réglée sur le temps solaire, si l'on connaît la latitude géographique du lieu où l'on est placé. Soient en effet S (fig. 226), la position du centre du soleil sur la sphère céleste, à l'instant que l'on considère, Z le zénith du lieu, et P le pôle. La distance zénithale PZ du pôle est le complément de la latitude du lieu (§ 98); cette distance zénithale est donc connue. En outre, la distance SP du soleil au pôle est fournie par la *Connaissance des temps*, qui donne la valeur de son complément SA, ou de la déclinaison du soleil pour

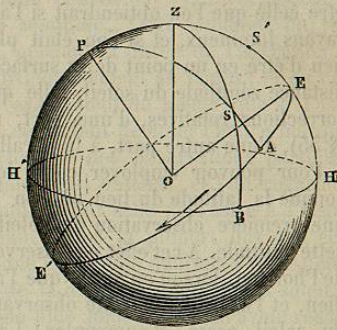


FIG. 226.

une époque quelconque, et par conséquent pour l'époque particulière à laquelle se fait l'observation. Enfin, la distance SZ du soleil au zénith résulte, soit de la mesure qu'on en fait directement, soit de la hauteur SB du soleil au-dessus de l'horizon, hauteur qui en est le complément. La connaissance des trois côtés du triangle sphérique SPZ fait qu'on peut en conclure, par un calcul trigonométrique, l'angle ZPS compris entre le cercle de déclinaison PS du soleil et le méridien PZ. Cet angle ZPS est précisément l'angle dont le cercle de déclinaison du soleil a tourné autour de l'axe du monde, depuis l'instant où le centre de l'astre a traversé le méridien : dès qu'on le connaît, on en déduit immédiatement le temps qui s'est écoulé depuis ce passage jusqu'à l'instant où l'observation a été faite, c'est-à-dire l'heure que doit marquer à ce dernier instant une horloge réglée sur le temps solaire; car le cercle de déclinaison du soleil emploie 24 heures solaires à tourner de 360 degrés, et par conséquent il lui faut une heure solaire pour décrire un angle de 15 degrés, une minute de temps solaire pour décrire un angle de 15 minutes, une seconde de temps solaire pour décrire un angle de 15 secondes. L'angle ZPS est souvent désigné sous le nom d'*angle horaire* du soleil : cette expression trouve naturellement son explication dans ce qui précède. De même on donne souvent le nom de *plan horaire* du soleil au plan de son cercle de déclinaison PS. Il est clair que la distance zénithale du soleil, dont on se sert pour faire le calcul de l'angle horaire SPZ, doit être celle que l'on obtiendrait si l'atmosphère ne réfractait pas les rayons lumineux, et si l'on était placé au centre de la terre, au lieu d'être en un point de sa surface : on doit donc appliquer à la distance zénithale du soleil, telle que l'observation la donne, les corrections relatives, d'une part, à la réfraction atmosphérique (§ 55), d'une autre part, à la parallaxe (§ 151).

Pour pouvoir employer cette dernière méthode, qui suppose connue la latitude du lieu où l'on se trouve, il suffit d'avoir fait une première observation du soleil vers midi, afin de déterminer cette latitude. A cet effet on observe la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, lorsqu'on pense que l'astre est peu éloigné du méridien, et l'on continue cette observation jusqu'à ce que la hauteur du soleil cesse d'augmenter. Le complément de la hauteur maximum SH ainsi obtenue, sera la distance zénithale SZ du soleil, à l'instant de son passage au méridien : si à cette distance SZ on ajoute la déclinaison SE du soleil, fournie par la *Connaissance des temps*, pour l'époque de l'observation, on aura la distance ZE du zénith à l'équateur, quantité qui est précisément la

latitude du lieu. La latitude étant déterminée de cette manière, on sera en mesure de régler son horloge sur le temps solaire, conformément à ce que nous avons dit, au moyen d'une autre observation du soleil, faite après que l'astre se sera convenablement éloigné du méridien.

§ 182. Les deux dernières méthodes que nous venons d'indiquer, pour régler une horloge sur le temps solaire, nécessitent la mesure de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, ou, ce qui revient au même, la mesure de sa distance zénithale, qui en est le complément. Cette mesure peut s'effectuer, soit au moyen du théodolite, soit au moyen du sextant.

Nous avons vu comment on effectue la mesure d'une distance zénithale au moyen du théodolite (§ 43). Mais il se présente une difficulté, quand, au lieu de chercher la distance zénithale d'un point qui reste immobile, on veut déterminer celle d'un astre, qui se déplace constamment et assez rapidement, en vertu du mouvement diurne. D'après la méthode indiquée pour effectuer cette mesure, on doit observer deux fois l'astre dont il s'agit. L'astre étant en mouvement, sa distance zénithale a une valeur particulière à l'instant de chacune de ces deux observations, et cette valeur change d'une observation à l'autre; l'angle obtenu à la fin de l'opération, au lieu d'être le double d'une même distance zénithale, est donc la somme de deux distances zénithales différentes. On se demande alors ce que peut être le résultat qu'on obtient en traitant cet angle total comme s'il était réellement le double d'une même distance zénithale. Voici comment on lève cette difficulté. On admet que, pendant la durée de l'opération, la distance zénithale varie proportionnellement au temps; et en conséquence, après avoir opéré exactement de même que si l'astre était immobile, en ayant soin cependant de noter l'heure marquée par un chronomètre lors de chacune des observations partielles, on prend la moyenne des temps ainsi obtenus, et l'on regarde la distance zénithale trouvée comme étant celle de l'astre à l'instant qui correspond à cette moyenne. Dans la plupart des cas, cette méthode approximative est d'une exactitude suffisante pour déterminer l'heure par la mesure de la distance zénithale du soleil. Si l'on voulait pousser l'exactitude plus loin, il faudrait avoir recours à des moyens de calcul que nous ne pouvons indiquer ici. Bien entendu que, pour déterminer la distance zénithale du soleil, à l'aide du théodolite, on opère en visant, soit le point le plus haut, soit le point le plus bas de son disque; et quand on a obtenu la distance zénithale du point qui a été visé, on en déduit sans peine

celle du centre du soleil, en ajoutant ou retranchant la moitié du diamètre apparent de l'astre, diamètre dont la valeur est fournie par la *Connaissance des temps* pour l'époque de l'observation.

Pour mesurer la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, en se servant du sextant (§ 45), on peut employer deux moyens. Le premier consiste à observer l'astre directement et par réflexion sur un horizon artificiel, sur la surface d'une masse de mercure immobile par exemple; en mesurant l'angle compris entre le bord inférieur du disque du soleil et l'image de ce bord produite par réflexion sur la surface du mercure, on trouve ainsi le double de la hauteur du bord inférieur du soleil au-dessus de l'horizon : la moitié de cet angle, augmentée de la moitié du diamètre apparent de l'astre, donne la hauteur de son centre au-dessus de l'horizon. Le second moyen, que l'on ne peut employer que lorsqu'on est sur la mer ou dans son voisinage, consiste à mesurer la distance du bord inférieur du disque du soleil à la limite apparente de la surface de la mer, en tenant le sextant dans un plan vertical. Si le rayon visuel, dirigé vers cette limite apparente de la surface de la mer, était horizontal, on aurait bien ainsi la hauteur du bord

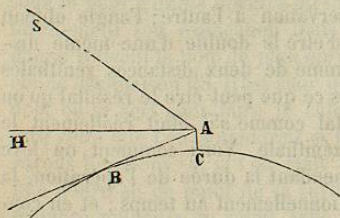


FIG. 227.

du soleil au-dessus de l'horizon, et par suite la hauteur de son centre. Mais il n'en est pas ainsi : ce rayon visuel étant une tangente AB (fig. 227), à la surface arrondie de la mer, menée par l'œil A de l'observateur, sa direction est nécessairement abaissée d'une certaine quantité au-dessus de l'horizon AH. On doit donc diminuer la distance angulaire SAB du bord du soleil au bord de la mer, de l'angle BAH, pour avoir la hauteur du bord du soleil au-dessus de l'horizon. L'angle BAH, qu'on nomme la *dépression de l'horizon*, est plus ou moins grand, suivant que la hauteur AC de l'œil de l'observateur, au-dessus de la surface de la mer, a telle ou telle valeur; on peut en faire le calcul facilement, pour chaque valeur de la hauteur AC, d'après la connaissance qu'on a du rayon de la surface sphérique avec laquelle la surface de la mer se confond sensiblement. Le tableau suivant donnera une idée de la grandeur de la dépression que l'on obtient ainsi.

HAUTEUR AC au-dessus de la surface DE LA MER.	DÉPRESSION de l'horizon, BAH.	HAUTEUR AC au-dessus de la surface DE LA MER.	DÉPRESSION de l'horizon, BAH.
1 ^m	1' 56''	20 ^m	8' 36''
3	3 20	30	10 34
40	6 6	40	12 42

§ 183. *Cadrans solaires.* — Les cadrans solaires sont des gnomons destinés à faire connaître, à un instant quelconque de la journée, l'heure que doit marquer une horloge réglée sur le temps solaire, et pouvant par conséquent tenir lieu d'une pareille horloge. On donne à ces instruments des formes très-diverses; mais leur construction repose sur un même principe que nous allons faire connaître.

Imaginons qu'une ligne droite AB (fig. 228), ait été tracée dans la direction de l'axe du monde; qu'on ait fait passer par cette ligne droite un plan vertical MM', qui ne sera autre chose

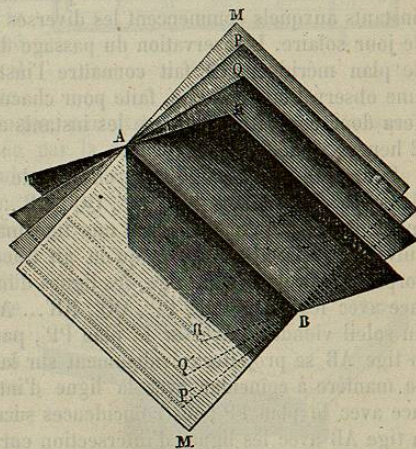


FIG. 228.

que le plan méridien; puis qu'on ait mené également par cette ligne AB, une série d'autres plans PP', QQ', RR', tels que l'angle de MM' avec PP' soit de 15 degrés, que l'angle de PP' avec QQ' soit aussi de 15 degrés, que l'angle de QQ' avec RR' soit encore de 15 degrés, et ainsi de suite. En faisant passer par la ligne AB tous les plans que l'on pourra mener, de manière à satisfaire à la condition qui vient d'être énoncée, on finira par avoir en tout douze

plans, ou bien encore vingt-quatre demi-plans, disposés régulièrement tout autour de la ligne AB, et divisant en vingt-quatre parties égales les 360 degrés qu'un quelconque de ces plans décrirait, s'il tournait de manière à faire un tour entier autour de cette ligne.

Le mouvement diurne du soleil peut être regardé comme s'effectuant autour de la ligne AB, en raison du peu de distance qui existe entre cette ligne et l'axe de rotation de la terre, eu égard à la distance de la terre au soleil. A midi, le soleil se trouve dans le plan méridien MM'. De midi à 1 heure, son cercle de déclinaison tourne de 15 degrés autour de la ligne AA'; ce cercle de déclinaison vient donc se placer à une heure dans le plan PP'. De 1 heure à 2 heures, le cercle de déclinaison du soleil tourne encore de 15 degrés autour de AA'; en sorte qu'à 2 heures, il se place dans le plan QQ'.

En continuant de cette manière, on verra que le centre du soleil traverse successivement chacun des plans MM', PP', QQ', RR'..., aux instants auxquels commencent les diverses heures dont se compose le jour solaire. L'observation du passage du centre du soleil dans le plan méridien MM' fait connaître l'instant auquel il est midi; une observation analogue, faite pour chacun des plans PP', QQ'..., fera donc connaître de même les instants auxquels il est 1 heure, 2 heures, 3 heures, etc.

Pour que l'observation de chacun de ces passages du soleil, dans les divers plans MM', PP', QQ', RR'..., puisse se faire facilement, il suffit qu'on ait placé une tige matérielle et assez mince suivant la direction AB, et qu'on ait tracé, sur la surface d'un corps situé près de cette tige, les lignes d'intersection de cette surface avec les plans MM', PP', QQ', RR'... Au moment où le centre du soleil viendra traverser le plan PP', par exemple, l'ombre de la tige AB se projettera évidemment sur la surface dont il s'agit, de manière à coïncider avec la ligne d'intersection de cette surface avec le plan PP'; les coïncidences successives de l'ombre de la tige AB avec les lignes d'intersection correspondant aux divers plans MM', PP', QQ', feront donc connaître les instants auxquels commencent les diverses heures de la journée.

On voit par là qu'un cadran solaire n'est autre chose qu'un gnomon (§ 121) dont le style est dirigé suivant l'axe du monde. Le plus ordinairement c'est sur la surface verticale d'un mur, exposé de manière à être éclairé par le soleil, que l'on reçoit l'ombre du style, et que l'on trace par conséquent les lignes horaires avec lesquelles cette ombre doit venir coïncider successivement; le style est installé d'une manière invariable, en avant de ce mur,

dans la position d'après laquelle les lignes horaires ont été déterminées (fig. 229). Mais on peut construire un cadran solaire sur une surface plane quelconque, verticale, horizontale, ou inclinée, et même sur une surface courbe, de telle forme et de telle position qu'on voudra; la seule condition qu'une surface doit remplir pour qu'on puisse y construire un cadran solaire, c'est qu'elle reçoive les rayons du soleil pendant une portion de la journée. Dans le cas où le cadran solaire est tracé sur une surface plane, il est clair que les lignes horaires sont des lignes droites, partant toutes du point où la surface du cadran est percée par la direction du style.

Souvent, dans les cadrans solaires de petites dimensions, le style est remplacé par une plaque métallique terminée par un bord rectiligne qui est dirigé suivant l'axe du monde (fig. 230); dans ce cas, au lieu d'observer l'ombre de la tige qui forme habituellement le style, on observe le bord rectiligne de l'ombre de la plaque qui a été substituée à cette tige.

On apporte aussi quelquefois aux cadrans solaires une modification, que nous avons déjà fait connaître en parlant du gnomon en général (§ 122). Cette modification consiste à remplacer le style par une plaque percée d'un petit trou, et placée de manière que ce trou

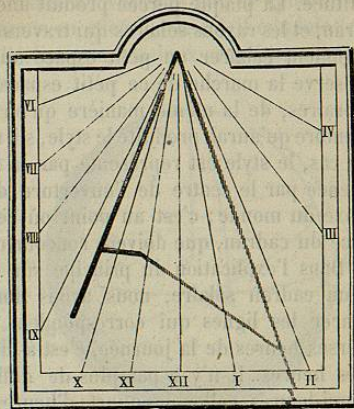


FIG. 229.

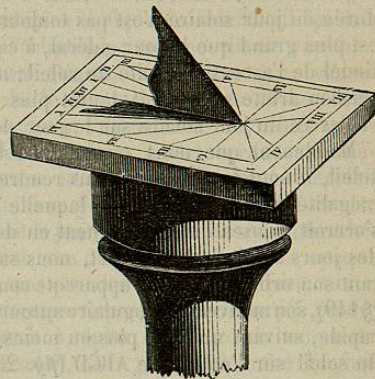


FIG. 230.

soit situé sur la direction même du style auquel la plaque est substituée. La plaque percée produit une ombre sur la surface du cadran, et les rayons solaires qui traversent le trou dont elle est munie viennent éclairer un petit espace au milieu de cette ombre; on observe la marche de ce petit espace éclairé à travers les lignes horaires, de la même manière qu'on aurait observé la marche de l'ombre qu'aurait produite le style, s'il n'avait pas été supprimé. Dans ce cas, le style est représenté par la ligne droite que l'on imagine menée par le centre de l'ouverture de la plaque parallèlement à l'axe du monde; c'est au point où cette ligne droite perce la surface du cadran, que doivent concourir les diverses lignes horaires.

Dans l'explication du principe sur lequel repose la construction d'un cadran solaire, nous avons donné seulement le moyen de tracer les lignes qui correspondent aux commencements des diverses heures de la journée, c'est-à-dire ce qu'on nomme les lignes des heures. Il n'y a pas plus de difficulté à tracer les lignes des demi-heures, celles des quarts d'heure, ou celles qui correspondent à toute autre subdivision de l'heure. Il suffira d'intercaler entre les divers plans MM' , PP' , QQ' ..., dont nous avons parlé, d'autres plans, qui divisent les angles de 15 degrés formés par ces premiers plans, de la même manière qu'on veut subdiviser chaque heure; les intersections de ces nouveaux plans avec la surface du cadran solaire seront les lignes correspondant à ces subdivisions de l'heure.

§ 184. **Temps moyen.** — Nous avons déjà dit (§ 128) que la durée du jour solaire n'est pas toujours la même. Le jour solaire est plus grand que le jour sidéral, à cause de l'accroissement continu de l'ascension droite du soleil; mais cet accroissement d'ascension droite se produit tantôt plus vite, tantôt plus lentement, et l'excès du jour solaire sur le jour sidéral varie en conséquence.

Maintenant que nous connaissons les lois du mouvement du soleil, il nous est facile de nous rendre compte des causes de cette inégalité dans la vitesse avec laquelle l'ascension droite de l'astre s'accroît, causes qui déterminent en définitive l'inégalité de durée des jours solaires. D'une part, nous savons que, le soleil parcourant son orbite elliptique apparente conformément à la loi des aires (§ 149), son mouvement angulaire autour de la terre est plus ou moins rapide, suivant qu'il est plus ou moins rapproché d'elle; la vitesse du soleil sur l'écliptique $ABCD$ (fig. 231) est donc variable d'une époque à une autre de l'année, et l'on comprend que cette circonstance seule doit donner lieu à des variations correspondantes dans la vitesse avec laquelle l'ascension droite de l'astre augmente. D'une autre part, l'obliquité de l'écliptique sur l'équateur fait que,

lors même que le soleil parcourrait uniformément le grand cercle de l'écliptique, son ascension droite ne varierait pas de quantités égales en temps égaux. Supposons en effet que le soleil emploie le même temps à parcourir, sur l'écliptique, les deux arcs égaux AA' , BB' , pris, l'un vers l'équinoxe

du printemps, l'autre vers le solstice d'été; son ascension droite s'accroîtra de AM dans le premier cas, et de NE dans le second cas. Mais le triangle AMA' , qui est rectangle en M , pouvant être regardé comme un triangle rectiligne, à cause de la petitesse de ses côtés, on voit que AA' est plus grand que AM ; d'un autre côté, l'arc BB' , qui est sensiblement parallèle à l'équateur, et qui mesure l'écartement des deux cer-

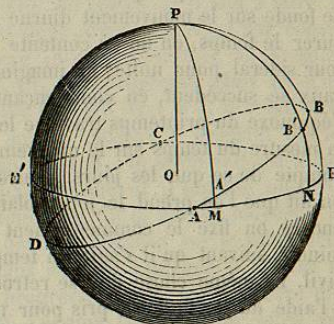


FIG. 231.

cles de déclinaison PN , PE , près du point B , est plus petit que l'arc d'équateur NE compris entre ces deux mêmes cercles : les accroissements AM , NE , de l'ascension droite du soleil, correspondant aux temps égaux pendant lesquels il décrit les arcs AA' , $B'B$ sur l'écliptique, sont donc inégaux.

Ainsi l'excentricité de l'orbite elliptique du soleil, qui lui fait parcourir le grand cercle de l'écliptique avec une vitesse variable, et l'obliquité de l'écliptique sur l'équateur, sont les deux causes premières de l'inégalité de durée des jours solaires. Si ces deux causes disparaissaient, c'est-à-dire si l'excentricité de l'orbite apparente du soleil devenait nulle, auquel cas il parcourrait uniformément l'écliptique, et si, en outre, le plan de l'écliptique coïncidait avec l'équateur, les jours solaires deviendraient tous égaux entre eux; chacun d'eux surpasserait le jour sidéral d'une même quantité.

§ 185. Le jour solaire ayant une durée variable d'une époque à une autre, on ne pourrait pas prendre cette durée pour unité, dans une mesure précise du temps. Cependant, pour ne pas perdre le grand avantage qu'il y avait à régler la mesure du temps sur le mouvement apparent du soleil, on a pris pour unité le *jour moyen*, c'est-à-dire la durée moyenne du jour solaire (§ 128). Cette unité étant adoptée, on peut bien s'en servir pour indiquer la durée d'un phénomène quelconque; mais cela ne suffit pas. Il faut encore que le temps, à mesure qu'il s'écoule, puisse être

regardé comme étant la succession d'une série de jours moyens, dont chacun commence à l'instant où finit celui qui le précède; de telle manière que, lorsqu'un phénomène arrive, on puisse dire dans lequel de ces deux jours moyens successifs on l'observe, et combien de temps après le commencement de ce jour. Lorsqu'on se fonde sur le mouvement diurne de la sphère céleste pour mesurer le temps, on ne se contente pas de dire que l'on prend le jour sidéral pour unité; on imagine en outre que les jours sidéraux se succèdent, en commençant chacun à l'instant précis où l'équinoxe du printemps traverse le méridien du lieu. Si l'on règle la mesure du temps sur le mouvement du soleil, en ne tenant pas compte de ce que les jours solaires sont inégaux, non-seulement on dit que l'on prend le jour solaire pour unité de temps, mais encore on fixe le commencement de chaque jour à midi ou à minuit, suivant qu'il s'agit du temps astronomique ou du temps civil. La même chose doit se retrouver dans la mesure du temps à l'aide du jour moyen pris pour unité; il faut que l'on définisse l'instant à partir duquel chaque jour moyen doit commencer. Voici quel est l'usage suivi pour cela d'un commun accord par les astronomes.

Le soleil décrit annuellement son orbite elliptique apparente MN (fig. 232), conformément à la loi des aires : et, si à chaque instant on le reporte par la pensée de S en S_1 , sur la surface de la sphère céleste, dont le centre est occupé par la terre T, on voit qu'il parcourt l'écliptique ABCD avec une vitesse variable, ainsi que nous l'avons déjà dit. C'est lorsque le soleil se trouve à son périhélie M, et par conséquent lorsqu'il paraît au point M_1 de l'écliptique, que sa vitesse sur ce grand cercle est la plus grande; elle diminue progressivement jusqu'à ce qu'il soit au point N_1 , qui correspond à l'apogée N, puis elle augmente de nouveau de N_1 en M_1 , de manière à redevenir égale à ce qu'elle était d'abord. Imaginons qu'un soleil fictif s parcoure l'écliptique d'un mouvement uniforme, dans le même sens que le soleil S_1 , de

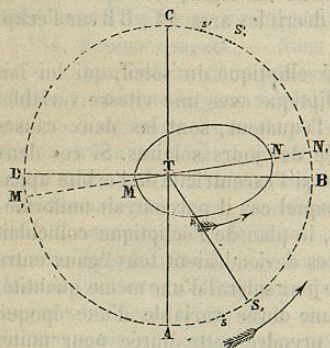


Fig. 232.

Fig. 232.

manière à passer toujours au point M_1 en même temps que le soleil vrai S_1 . Il est clair que le soleil fictif passera aussi au point N_1 en même temps que le soleil vrai; car, en vertu de la loi des aires (§ 149), le soleil S emploie à parcourir la demi-ellipse MSN précisément la moitié du temps qu'il met à faire le tour entier de son orbite : il est donc arrivé en N, et par conséquent paraît en N_1 sur la sphère céleste, à l'instant où le soleil fictif s a parcouru la moitié M_1N_1 de l'écliptique. Mais ce n'est qu'en ces deux points M_1, N_1 que le soleil vrai S et le soleil fictif s sont en coïncidence sur la sphère céleste. A l'instant où les deux soleils passent ensemble au point M_1 , le soleil vrai est animé de sa plus grande vitesse, et par conséquent il marche plus vite que le soleil fictif, qui n'est animé que de la vitesse moyenne du soleil vrai : ce dernier prend donc de l'avance sur le soleil fictif, et cette avance augmente de plus en plus, tant que la vitesse du soleil vrai, tout en diminuant progressivement, reste encore plus grande que celle du soleil fictif. Lorsque la vitesse du soleil vrai est devenue égale à celle du soleil fictif, ils marchent en restant pendant quelques instants à une même distance l'un de l'autre; mais, la vitesse du soleil vrai diminuant constamment, le soleil fictif se rapproche de plus en plus de lui, et il finit par le rejoindre à l'instant où il arrive au point N_1 . A partir de là, les choses se passent d'une manière analogue, mais en sens inverse. Le soleil fictif ayant en N_1 une vitesse plus grande que celle du soleil vrai, celui-ci reste en arrière, et leur distance s'accroît constamment, tant que la vitesse du soleil vrai n'est pas redevenue égale à celle du soleil fictif; lorsque cette égalité de vitesse s'établit, les deux soleils marchent pendant quelques instants sans que leur distance change; ensuite le soleil vrai, dont la vitesse augmente toujours, regagne peu à peu du terrain, et, se rapprochant progressivement du soleil fictif, il l'atteint à l'instant où il arrive au point M_1 . Ainsi le soleil fictif est constamment en retard sur le soleil vrai, pendant tout le temps que celui-ci met à aller du périhélie à l'apogée; il est au contraire constamment en avance sur le soleil vrai, depuis l'apogée jusqu'au périhélie.

Cela posé, imaginons encore qu'un second soleil fictif S_m (fig. 233) se meuve uniformément sur l'équateur EE' , avec la vitesse dont le premier soleil fictif s est animé sur l'écliptique ABCD, et que ce soleil fictif parte de l'équinoxe A, à l'instant même où le premier y passe. A chaque instant ces deux soleils fictifs s, S_m , se trouveront dans des positions telles, que les arcs As, AS_m soient égaux; ces deux soleils, partis ensemble de l'équinoxe de prin-

temps A, passeront ensemble à l'équinoxe d'automne C, et reviendront ensemble à l'équinoxe de printemps. C'est le second soleil fictif S_m qui, par ces passages successifs au méridien, détermine

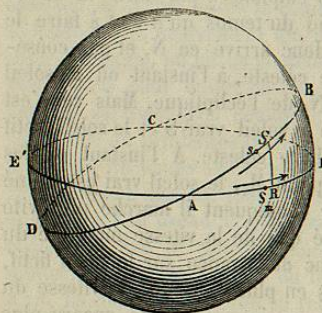


FIG. 233.

la succession des jours moyens; aussi désigne-t-on habituellement ce second soleil fictif sous le nom de *soleil moyen*. Il est aisé de voir que les jours déterminés par les retours successifs du soleil moyen au méridien sont tous égaux entre eux, car les deux causes d'inégalité des jours solaires que nous avons signalées (§ 184) ont disparu dans le mouvement de ce soleil moyen : il parcourt l'équateur, au lieu de parcourir l'écliptique, et il se meut uniformément sur ce grand cercle. D'un autre côté, la durée du jour ainsi obtenue est bien égale à la moyenne des durées d'un grand nombre de jours vrais : car, si l'on prend un intervalle de temps quelconque, comprenant un nombre entier de révolutions apparentes du soleil sur son orbite elliptique, le soleil moyen et le soleil vrai auront fait pendant ce temps le même nombre de fois le tour de la sphère céleste, l'un sur l'équateur, l'autre sur l'écliptique : ils auront donc aussi passé le même nombre de fois dans le méridien du lieu, ce qui indique bien que le temps compris entre deux retours successifs du soleil moyen au méridien est la valeur moyenne du temps analogue, mais variable, correspondant au soleil vrai.

Le mouvement du soleil moyen étant déterminé comme nous venons de le dire, il ne reste plus, pour achever de définir le *temps moyen*, qu'à indiquer l'instant à partir duquel on commence à compter chacun des jours moyens. On fait pour cela ce que nous avons déjà dit pour le temps solaire, ou *temps vrai*. Les astronomes ont l'habitude de faire commencer chaque jour moyen à l'instant du passage du soleil moyen au méridien, c'est-à-dire à *midi moyen*; et ils comptent les heures de 0 à 24, d'un midi au midi suivant : le temps moyen prend alors le nom de *temps moyen astronomique*. Pour les usages ordinaires de la vie, on divise l'intervalle de temps compris entre deux midis moyens consécutifs en deux périodes de chacune 12 heures; et l'on fait

commencer le jour à l'instant qui sépare la première période de la seconde, c'est-à-dire à *minuit moyen*; dans ce cas, le temps moyen se nomme *temps civil*.

§ 186. Le temps moyen, civil ou astronomique, se trouve complètement défini par ce que nous venons de dire : le soleil moyen est un point idéal, dont le mouvement est parfaitement déterminé, et dont les retours successifs au méridien d'un lieu fixent le commencement de chacun des jours moyens, tout aussi bien que le ferait un astre animé d'un mouvement identique avec celui de ce point. Mais on se demande comment on peut régler une horloge sur le temps moyen. Quand il s'agit du temps vrai, on fait en sorte que l'horloge marque $0^h 0^m 0^s$ à l'instant précis où le centre du soleil traverse le méridien du lieu; on ne peut pas opérer de même pour le temps moyen, puisque le soleil moyen est un point qui n'a pas d'existence réelle dans le ciel, et qu'on ne peut, par conséquent, observer son passage dans le méridien. On est donc obligé d'avoir recours à une autre méthode, par laquelle on puisse se passer de l'observation directe du soleil moyen, observation qu'il est impossible d'effectuer. Voici comment on s'y prend.

Le cercle de déclinaison SR du soleil (*fig. 233*) rencontre l'équateur céleste en un point R, qui n'est jamais très-éloigné de la position correspondante du soleil moyen S_m , mais qui généralement ne coïncide pas avec ce soleil moyen. L'intervalle de temps compris entre les passages du soleil vrai et du soleil moyen au méridien d'un lieu n'est autre chose que le temps employé par l'arc $S_m R$, de l'équateur à traverser ce méridien : en sorte que, si l'on connaissait la grandeur de l'arc $S_m R$, on saurait immédiatement de combien le passage du soleil moyen au méridien précède ou suit le passage du soleil vrai. Or, on est en mesure de calculer d'avance, pour une époque quelconque, la valeur de l'arc $S_m R$, c'est-à-dire la différence qui doit exister à cette époque entre l'ascension droite du soleil vrai et celle du soleil moyen : car, d'une part, on connaît parfaitement les lois du mouvement du soleil sur la sphère céleste, et, d'une autre part, la position du soleil moyen à une époque quelconque peut se déterminer très-facilement par ce qui a été dit précédemment. Il suffit donc de construire une table qui donne les valeurs de cet arc $S_m R$, pour tous les jours d'une année, par exemple, pour qu'on puisse savoir chaque jour à quel instant le soleil moyen passe au méridien, en observant le passage du soleil vrai; on peut encore, pour plus de commodité, mettre dans cette table, non pas les longueurs de l'arc $S_m R$, mais les temps qu'il emploie chaque jour à traverser le méridien.

On donne le nom d'*équation du temps* à ce temps que l'arc S_{mR} met à traverser un méridien, c'est-à-dire à l'intervalle de temps compris entre les passages du soleil moyen et du soleil vrai. L'équation du temps est évidemment la différence des heures que doivent marquer, à un même instant, deux horloges réglées, l'une sur le temps moyen, l'autre sur le temps vrai. La *Connaissance des temps* contient chaque année une table des valeurs de l'équation du temps, pour tous les jours de l'année, et on la reproduit dans les calendriers des principaux annuaires. C'est cette table qui sert à régler les horloges sur le temps moyen. En voici un extrait qui donnera une idée de la manière dont varie l'avance ou le retard du temps moyen sur le temps vrai.

DATES.	TEMPS MOYEN au midi vrai.	DATES.	TEMPS MOYEN au midi vrai.	DATES.	TEMPS MOYEN au midi vrai.
	h m s		h m s		h m s
1 ^{er} janvier.	0 3 58	1 ^{er} mai...	11 56 56	1 ^{er} septem.	11 59 49
11 —	0 8 21	11 —	11 56 9	11 —	11 56 30
21 —	0 14 43	21 —	11 56 48	21 —	11 52 59
1 ^{er} février.	0 13 57	1 ^{er} juin ...	11 57 29	1 ^{er} octobre	11 49 37
11 —	0 14 34	11 —	11 59 16	11 —	11 46 45
21 —	0 13 54	21 —	0 1 23	21 —	11 44 41
1 ^{er} mars..	0 12 34	1 ^{er} juillet..	0 3 27	1 ^{er} novem.	11 43 42
11 —	0 10 12	11 —	0 5 8	11 —	11 44 12
21 —	0 7 19	21 —	0 6 3	21 —	11 46 5
1 ^{er} avril...	0 3 55	1 ^{er} août...	0 6 0	1 ^{er} décemb.	11 49 18
11 —	0 1 2	11 —	0 4 56	11 —	11 53 34
21 —	11 58 38	21 —	0 2 54	21 —	11 58 25

On voit que la seconde colonne de cette table fait connaître le *temps moyen au midi vrai*, c'est-à-dire l'heure que doit marquer une horloge réglée sur le temps moyen, à l'instant où le centre du soleil passe au méridien du lieu.

L'équation du temps est nulle quatre fois par an, savoir : le 15 avril, le 15 juin, le 31 août et le 25 décembre. Du 25 décembre au 15 avril, le temps moyen avance sur le temps vrai; du 15 avril au 15 juin, il retarde sur le temps vrai; du 15 juin au 31 août, il avance de nouveau; et enfin du 31 août au 25 décembre, il retarde encore. La plus grande différence entre le temps moyen et le temps vrai, dans la première de ces quatre périodes, a lieu le 11 février, et s'élève à 14^m34^s ; dans la seconde période, elle est seulement de 3^m54^s , et correspond au 14 mai; dans la troisième

période, elle va à 6^m10^s , le 26 juillet; et enfin, dans la quatrième période, elle s'élève à 16^m18^s , le 2 novembre.

En comparant les valeurs de l'équation du temps pour deux jours consécutifs, on trouve sans peine la différence qui existe entre la durée du jour vrai et celle du jour moyen. Cette différence varie d'une époque à une autre. C'est le 16 septembre que le jour vrai est le plus court; le jour moyen le surpasse de 21^s . Le jour vrai le plus long correspond au 23 décembre; il surpasse le jour moyen de 30^s .

Les diverses circonstances que nous venons de signaler, dans la valeur de l'équation du temps, aux diverses époques d'une année, se modifient peu à peu avec le temps. Le mouvement du périhélie solaire, par rapport aux équinoxes (§ 167), est la principale cause de ces modifications; la diminution de l'obliquité de l'écliptique (§ 166) y contribue aussi pour sa part. En discutant la question, on reconnaît que, par suite du changement de direction de l'axe de l'ellipse solaire par rapport à la ligne des équinoxes, il pourrait arriver, par exemple, que l'équation du temps ne fût plus nulle que deux fois par an. Mais la grande lenteur avec laquelle se produisent ces modifications de l'équation du temps, fait qu'on peut regarder les résultats que nous avons indiqués comme convenant à un assez grand nombre d'années.

§ 187. Tant que les horloges publiques n'ont pas présenté une très-grande régularité dans leur marche, on n'a pas senti le besoin de leur faire marquer le temps moyen de préférence au temps vrai. Lorsqu'on reconnaissait une différence entre l'heure marquée par l'horloge et l'heure vraie indiquée par un cadran solaire, par exemple, on faisait marcher les aiguilles de manière à faire disparaître cette différence, qui tenait autant à l'imperfection de l'horloge qu'à l'inégalité des jours; puis, au bout de quelques jours, il fallait recommencer la même opération. Mais dès que les horloges ont été assez perfectionnées pour marcher régulièrement pendant longtemps, on a reconnu l'avantage qu'il y aurait à ne pas les obliger à suivre toutes les irrégularités du temps vrai, et à leur faire marquer le temps moyen. En effet, une fois que le pendule d'une bonne horloge a été disposé de manière à faire le nombre convenable d'oscillations dans la durée du jour moyen, et que l'horloge a été mise à l'heure, elle continue à marcher d'accord avec le temps moyen pendant un temps assez long, et l'on n'a besoin d'y toucher que de loin en loin. Tandis que, si l'on voulait lui faire marquer le temps vrai, il faudrait, ou bien faire varier chaque jour la longueur du pendule, pour la mettre en rapport avec la durée variable du jour