

il est nécessaire : 1^o que les faces des deux miroirs soient bien perpendiculaires au plan du limbe ; 2^o que l'index de l'alidade soit exactement au zéro de la graduation lorsque les deux miroirs sont parallèles. Voici par quels moyens on s'assure que ces conditions sont remplies. En regardant dans la direction du grand miroir, et un peu de côté, on peut voir en même temps une portion du limbe de l'instrument, et son image dans le miroir ; ces deux arcs de cercle, dont l'un est vu directement, et l'autre par réflexion dans le miroir, doivent être exactement dans le prolongement l'un de l'autre, sans quoi le miroir ne serait pas perpendiculaire au plan du limbe. Cette première vérification étant faite, si l'on amène l'index de l'alidade au zéro de la graduation et que l'on regarde dans la lunette, on ne devra voir qu'une seule image nette de l'objet observé ; sans quoi, si l'on voyait deux images ne coïncidant qu'à peu près, cela indiquerait que le petit miroir n'est pas parallèle au grand. Des vis adaptées aux deux miroirs permettent de modifier leur position jusqu'à ce que ces deux vérifications puissent se faire avec une grande exactitude.

CHAPITRE DEUXIÈME

DU MOUVEMENT DIURNE ET DE LA FIGURE DE LA TERRE.

PREMIÈRES NOTIONS SUR LA TERRE.

§ 49. Avant d'aborder l'étude des phénomènes célestes, il est naturel que nous cherchions à nous rendre compte des conditions dans lesquelles nous nous trouvons pour les observer ; que nous tâchions de nous faire une idée un peu nette de ce que c'est que la terre, que nous habitons, qui nous sert pour ainsi dire d'observatoire, et à laquelle nous rapportons les positions successives des astres, pour déterminer les lois de leurs mouvements.

La première idée qui se présente à nous, c'est que la surface de la terre est plate et indéfinie dans toutes les directions ; et en outre que la masse de la terre s'étend indéfiniment en profondeur. L'étude attentive des faits que l'on observe dans les voyages montre que cette idée est entièrement fautive, ainsi que nous allons le voir.

§ 50. **Rondeur de la surface de la mer.** — Une portion considérable de la surface de la terre est occupée par les eaux de la mer. Or les observations les plus simples font voir que la surface de ces eaux est très-sensiblement arrondie. Si l'on est placé au bord de la mer, sur une falaise un peu élevée, et que l'on observe un bateau à vapeur qui s'approche de la côte, on ne voit d'abord qu'une portion de sa cheminée, avec la fumée qui s'en échappe

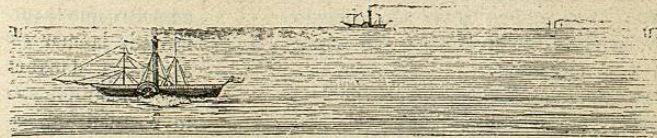


Fig. 93.

(fig. 93). Le bateau, en approchant de plus en plus, semble sortir de l'eau ; au bout de quelque temps, on l'aperçoit en entier, se projetant sur le ciel, et reposant sur la ligne bien tranchée à

laquelle la mer semble se terminer. A partir de là, le bateau paraît descendre sur la surface de la mer, sur laquelle il finit par se projeter complètement. Si le bateau à vapeur s'éloignait de la côte, au lieu de s'en approcher, on observerait les mêmes choses, mais en sens contraire. On le verrait d'abord se projeter tout entier sur la surface de la mer; il semblerait monter de plus en plus sur cette surface, jusqu'à ce qu'il atteignit la ligne qui en forme la limite apparente; puis il disparaîtrait peu à peu, et sa cheminée, que l'on verrait la dernière, finirait elle-même par disparaître entièrement. Si à ce moment on s'élevait rapidement, en montant par exemple au haut d'une tour, on pourrait revoir encore une portion plus ou moins grande du bateau; mais sa marche continuant toujours à l'éloigner, cette portion que l'on verrait du haut de la tour diminuerait elle-même progressivement, et au bout de peu de temps on cesserait une seconde fois de l'apercevoir. Ces faits, que tout le monde a pu observer au bord de la mer, prouvent d'une manière irrécusable que la surface de la mer est arrondie; la convexité seule de cette surface permet qu'on s'en rende complètement compte. Soient en effet MN (fig. 94) la surface de la

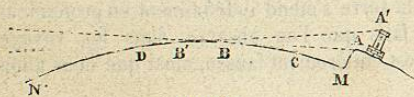


FIG. 94.

mer, et A le point où est d'abord placé l'observateur. Si l'on mène du point A une tangente AB à la courbe MN, on aura en B la li-

mite à laquelle la mer semble se terminer. Si l'observateur passe de A en A', la tangente A'B', s'abaissant au-dessous du prolongement de la tangente AB, lui permet d'apercevoir encore une portion du bateau pendant quelque temps après qu'il l'a vu disparaître tout à fait étant au point A. Il serait impossible, au contraire, d'expliquer les faits que l'on observe, si l'on ne voulait pas admettre que la surface de la mer est arrondie; dans ce cas, quelle que soit la position du ba-

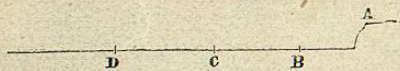


FIG. 95.

teau sur la mer, en B, en C, en D... (fig. 95), on le verrait toujours entièrement du point A. On ne cesserait de l'apercevoir que lorsqu'il serait trop éloigné; mais ce ne serait pas alors la partie inférieure du bateau qui disparaîtrait la première: tant qu'on apercevrait le bateau, on le verrait en totalité.

On peut faire une observation du même genre lorsqu'on se trouve sur un navire qui s'éloigne de la côte. Pendant quelque temps on aperçoit complètement les objets qui sont au bord de la mer. Mais bientôt ces objets disparaissent en partie; on cesse de voir le bas des falaises; puis ces falaises disparaissent elles-mêmes en totalité, et l'on n'aperçoit plus que les arbres et les constructions qui les surmontent; enfin ces derniers objets se cachent à leur tour derrière l'espèce de montagne liquide qui s'interpose entre eux et l'observateur, en s'élevant de plus en plus par rapport à eux.

On sait que c'est du haut des mâts, qu'après une longue traversée, les marins commencent à apercevoir la terre, longtemps avant qu'ils puissent la voir du pont de leur navire.

§ 51. **Rondeur de la terre.** — Occupons-nous maintenant de la partie solide de la terre, c'est-à-dire des continents. La surface de cette partie solide est loin de présenter la régularité que l'on observe à la surface de la mer. On trouve bien dans quelques localités des plaines unies d'une étendue plus ou moins grande; mais le plus souvent des vallées, des collines, et même des chaînes de montagnes, se succèdent de manière à former une surface irrégulière, ondulée, et quelquefois fortement accidentée. Cependant la surface du continent, considérée dans son ensemble et abstraction faite des irrégularités dont nous venons de parler, est arrondie comme la surface de la mer. Voici par quels motifs on est conduit à l'admettre comme une vérité incontestable.

Les continents sont environnés de mers qui leur servent de limites de différents côtés, et qui souvent pénètrent très-loin à leur intérieur. Or, si l'on examine les bords des continents, on reconnaît que nulle part ils ne s'élèvent beaucoup au-dessus du niveau des mers voisines. On voit donc déjà que, par leurs contours, les continents participent à la rondeur de la surface des mers. Mais il est aisé de reconnaître que cette rondeur se retrouve partout, même lorsqu'on s'éloigne des côtes et qu'on s'enfonce de plus en plus dans les terres; en sorte que, si l'on imagine que la surface des mers soit prolongée dans toute l'étendue des continents, cette surface se trouve généralement peu éloignée de la surface du sol. Pour donner une idée nette de ce que nous entendons par la surface des mers prolongée à travers les continents, concevons que l'on ait pratiqué dans les terres un canal profond, débouchant dans la mer à ses deux extrémités, et faisant ainsi communiquer librement les eaux qui baignent deux points quelconques des côtes, aussi éloignés l'un de l'autre que l'on voudra; l'eau se mettra en

équilibre dans ce canal, et s'y élèvera jusqu'à un certain niveau en ses différents points : la surface déterminée par le niveau de l'eau dans toute l'étendue de ce canal, et dans tous les autres canaux du même genre que l'on peut imaginer à travers le continent, est ce que nous appelons la surface des mers prolongée. Or, on sait que les continents sont sillonnés dans tous les sens par une quantité considérable de cours d'eau qui se réunissent successivement pour porter leurs eaux dans les mers voisines; on sait de plus, par le peu de rapidité que présentent habituellement ces cours d'eau, que la pente de leur lit est presque toujours extrêmement faible, et qu'en conséquence la surface de l'eau y est presque parallèle à la surface des mers prolongée. On doit donc en conclure que généralement le sol des continents s'éloigne peu de cette surface idéale. Il n'y a d'exception que pour les chaînes de montagnes, dont les sommets s'élèvent à des hauteurs notables au-dessus d'elle; et cependant elles ne produisent pas même, sur la surface générale de la terre, des protubérances comparables aux rugosités de la peau d'une orange. Ainsi on peut dire que le sol des continents, abstraction faite des irrégularités qu'on y rencontre, présente dans son ensemble une courbure entièrement pareille à celle que l'on remarque sur la surface des mers.

La rondeur de la surface des mers et des continents a été constatée par les voyages que l'on a effectués dans toutes les directions, et sur la presque totalité de la surface de la terre; la possibilité de faire le tour du monde, comme l'ont fait un grand nombre de navigateurs, en fournit une nouvelle preuve des plus éclatantes. Cette rondeur se présente, d'ailleurs, partout avec les mêmes caractères; en sorte qu'on en conclut nécessairement que la courbure de la surface de la terre est sensiblement la même en ses différents points. On est obligé, d'après cela, de regarder la terre comme étant un corps à peu près sphérique, ou, suivant l'expression admise, comme étant un *sphéroïde*. Nous donnerons plus loin, en parlant des éclipses de lune, une nouvelle démonstration de la rondeur de la terre.

§ 52. **La terre est isolée dans l'espace; elle peut être en mouvement.** — Cette masse qui constitue la terre, et qui est arrondie en forme de boule, est-elle supportée par quelque chose? Telle est la question qui vient naturellement à l'esprit de ceux qui entendent parler pour la première fois de la rondeur de la terre. Il est bien facile d'y répondre. Si la terre était appuyée sur un corps voisin, par quelque point de sa surface, ce support, qui aurait nécessairement de très-grandes dimensions, s'apercevrait

certainement d'un grand nombre des lieux qui ont été explorés par les voyageurs : or, jamais personne n'a vu la moindre chose qui pût indiquer l'existence d'un pareil support.

Mais, dira-t-on, comment se fait-il que la terre ne tombe pas, si elle n'est supportée par rien? Nous ne sommes pas en mesure de répondre maintenant à cette question, ou du moins d'y répondre d'une manière complète; nous ajournerons donc la réponse jusqu'à ce que nous ayons acquis les connaissances nécessaires pour qu'elle puisse être bien saisie, sans soulever aucune objection. Pour le moment, nous nous contenterons d'admettre, comme résultant d'observations nombreuses et irrécusables, que la terre est une masse à peu près sphérique et entièrement isolée dans l'espace. Nous remarquerons, en outre, que cette masse, par suite de son isolement complet, peut très-bien être en mouvement. Or, s'il en était ainsi, la mobilité du lieu où nous nous trouvons pour observer les astres les ferait paraître animés de mouvements très-différents de ceux qu'ils peuvent posséder en réalité. Nous devons donc nous mettre en garde contre les apparences, et chercher à reconnaître si les mouvements observés résident en totalité dans les astres, ou bien si une partie de ces mouvements ne devraient pas être regardés comme provenant de ce que le lieu d'où nous les observons occupe successivement différentes positions dans l'espace.

§ 53. **Atmosphère terrestre.** — L'air, au milieu duquel nous vivons, et qui sert à notre respiration, existe partout sur la surface de la terre; à quelque hauteur que l'on se soit élevé sur les montagnes, on y en a toujours trouvé. Cependant cet air ne s'étend pas indéfiniment dans l'espace qui environne la terre : il ne forme autour d'elle qu'une couche qui l'enveloppe de toutes parts et que l'on nomme *l'atmosphère terrestre*, ou simplement *l'atmosphère*. Quoiqu'on n'ait jamais pu s'élever jusqu'à la limite extérieure de l'atmosphère, on a pu néanmoins démontrer que cette limite existe, et même assigner approximativement la distance à laquelle elle se trouve de la surface de la terre, distance qui n'est autre chose que l'épaisseur de la couche atmosphérique.

On démontre aisément que l'air est pesant : un ballon de verre que l'on pèse successivement vide et plein d'air, n'a pas le même poids dans les deux cas. L'atmosphère terrestre doit donc exercer une pression sur la terre en raison du poids de l'air qui la compose. Cette pression se mesure au moyen de l'instrument qui est ici représenté (*fig. 96*), et que l'on nomme *baromètre*. Il se compose d'un tube de verre recourbé *abc*, fermé en *a*, ouvert en *c*, et

contenant une certaine quantité de mercure. Le mercure y a été introduit de telle manière que l'espace qui reste au-dessus de lui, dans la grande branche *ab*, soit absolument vide de toute matière. Cette circonstance fait que le liquide ne s'élève pas à la même hauteur dans les deux branches : la pression atmosphérique, qui s'exerce librement dans la petite branche, refoule le mercure dans

l'autre branche, où il n'éprouve aucune pression, et l'y maintient à une hauteur plus ou moins grande, suivant qu'elle est elle-même plus ou moins intense. La différence de niveau des deux surfaces *d*, *e* du mercure doit donc servir de mesure à la pression atmosphérique, au point où se trouve placé le baromètre. Il est même facile d'en déduire la valeur numérique de cette pression, rapportée à l'unité de surface, et exprimée en kilogrammes.

Le baromètre étant placé près de la surface de la mer, la différence de niveau du mercure dans ses deux branches est en moyenne de $0^m,76$; la pression exercée par l'atmosphère, sur une surface de 1 centimètre carré, est donc dans ce cas égale au poids de 76 centimètres cubes de mercure, c'est-à-dire que cette pression est de $1^k,033$.

Il est bien clair, d'un autre côté, que la pression exercée par l'atmosphère, sur une surface de 1 centimètre carré, est égale au poids de toute la quantité d'air contenue dans un cylindre vertical qui aurait pour base cette surface, et qui s'étendrait dans toute la hauteur de l'atmosphère : ainsi le baromètre nous fait connaître le poids de cette colonne d'air, et peut par conséquent nous fournir des indications sur la hauteur à laquelle elle s'élève.

L'air est compressible et élastique; une quantité d'air occupe un volume d'autant plus petit qu'elle est plus comprimée, et se dilate au contraire d'autant plus qu'elle éprouve une pression plus faible. Il en résulte que la densité de l'air ne doit pas être la même dans toute l'étendue de l'atmosphère; cette densité doit aller constamment en diminuant à mesure que l'on considère des couches de plus en plus éloignées de la surface de la terre, en raison de la diminution progressive de la pression que l'air y éprouve de la part des couches supérieures. Si cette diminution de densité n'existait pas, si l'air se trouvait à toute hauteur dans les mêmes conditions que près de la surface de la mer, la hauteur de l'atmos-



FIG. 96.

phère se déterminerait avec la plus grande facilité : en supposant, par exemple, que la température de l'air fût de 0° , auquel cas sa densité serait 10 472 fois plus petite que celle du mercure, la hauteur de l'atmosphère devrait être égale à 10 472 fois $0,76$, c'est-à-dire qu'elle serait de $7958^m,72$.

La hauteur de l'atmosphère doit être en réalité beaucoup plus grande que celle que nous venons de trouver, en raison du décroissement progressif de la densité de l'air à mesure que sa distance du niveau des mers va en augmentant. La détermination de cette hauteur présente de grandes difficultés, surtout à cause des températures différentes que l'on observe dans les diverses régions atmosphériques. Biot, en discutant les nombreuses observations de pression et de température, faites à diverses hauteurs, soit en s'élevant sur le flanc des montagnes, soit dans les ascensions aérostatiques, a trouvé que la hauteur de l'atmosphère ne doit pas dépasser 48 000 mètres, c'est-à-dire 12 lieues de 4 kilomètres. Des considérations d'une autre nature tendent toutefois à montrer que cette limite est trop petite.

Nous parlerons plus loin d'un phénomène astronomique bien connu, le crépuscule, dont l'observation a permis d'évaluer approximativement la hauteur de l'atmosphère. Disons de suite que lorsque le soleil vient de descendre au-dessous de l'horizon d'un lieu, la nuit ne se manifeste pas immédiatement; les couches atmosphériques situées au-dessus de ce lieu, éclairées encore par les rayons du soleil, réfléchissent sur la terre une partie de la lumière qu'elles reçoivent et prolongent ainsi la durée du jour.

Le temps pendant lequel le soleil, après avoir disparu sous l'horizon, éclaire l'atmosphère, dépend de l'épaisseur de la couche aérienne qui enveloppe la terre et permet de la mesurer. Cette méthode, qui remonte à Alhazen, astronome arabe qui vivait au 11^{e} siècle, a été successivement appliquée par Képler, La Hire, Bravais, Emmanuel Liais. Les nombres obtenus par les divers observateurs sont très-différents : La Hire assigne à l'atmosphère une hauteur de 73 kilomètres environ; Bravais, en étudiant au sommet du Faulhorn la marche des arcs crépusculaires, obtient une hauteur de 115 kilomètres; M. Liais évalue à 330 kilomètres la hauteur probable de l'atmosphère.

L'observation des étoiles filantes nous oblige à reculer ces limites au delà de 300 kilomètres; mais, en réalité, nous ne savons exactement ni où, ni comment se termine l'atmosphère. On peut supposer avec Quételet qu'au-dessus de cette atmosphère d'oxygène et d'azote, siège des phénomènes dont nous ressentons les effets à la

surface du sol, existe une atmosphère extrêmement légère qui peut s'élever jusqu'à 80 lieues de hauteur. L'atmosphère inférieure n'aurait ainsi qu'une épaisseur de 10 à 12 lieues.

Si nous adoptons ce dernier nombre, indiqué déjà par Biot, nous voyons que cette atmosphère forme, autour de la terre, une enveloppe d'une épaisseur bien faible, relativement aux dimensions de la terre elle-même. Nous verrons bientôt que le rayon de la terre, supposée sphérique, est de plus de 6 350 000 mètres : l'épaisseur de l'atmosphère serait donc au plus égale à la 132^e partie de ce rayon. En sorte que, si l'on représentait la terre au moyen d'un globe de 1 mètre de diamètre, l'atmosphère n'occuperait sur ce globe qu'une épaisseur de moins de 4 millimètres. La couche de duvet qui recouvre la peau d'une pêche est loin d'être assez mince pour pouvoir fournir une image convenable de l'atmosphère terrestre.

§ 54. **Réfractions atmosphériques.** — Nous ne pouvons observer les astres qu'à travers l'atmosphère de la terre. Il en résulte nécessairement des déviations plus ou moins grandes dans la direction des rayons lumineux qu'ils nous envoient, et la conséquence de ces déviations est de nous faire voir les astres dans des positions autres que celles où ils se trouvent réellement. Il est donc de la plus grande importance d'étudier l'influence que l'atmosphère peut avoir sur les observations astronomiques, afin de faire la part de cette influence, et d'en conclure les directions suivant lesquelles on verrait les astres, si l'atmosphère terrestre n'existait pas.

On sait que lorsqu'un rayon de lumière AB (*fig. 97*) passe d'un milieu M dans un autre milieu M', il prend généralement, dans ce second milieu, une direction BC qui n'est pas la même que celle qu'il avait dans

le premier. La *réfraction* du rayon lumineux (c'est ainsi que l'on nomme la déviation qu'il éprouve) s'effectue de telle manière que le rayon incident AB et le rayon réfracté BC sont situés dans un plan perpendiculaire à la surface DE qui sépare les deux milieux; mais ces deux rayons font des angles inégaux avec la

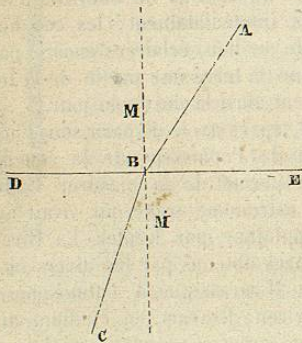


FIG. 97.

perpendiculaire à cette surface menée par le point B. Si les deux milieux M et M' sont de même nature et de densités différentes; si ce sont, par exemple, deux masses d'air séparées l'une de l'autre par le plan DE, et que l'air soit plus dense en M' qu'en M, le rayon lumineux, en passant de M en M', se réfractera de manière à se rapprocher de la perpendiculaire à la surface DE menée par le point B, comme le montre la figure.

D'après cela, il nous sera facile de nous rendre compte de la marche d'un rayon lumineux à travers l'atmosphère terrestre. Pour y arriver, nous regarderons l'atmosphère comme se composant de couches sphériques concentriques et superposées, dans chacune desquelles la densité de l'air est la même partout; la densité ne variera que lorsqu'on passera d'une couche à une autre. Cette hypothèse ne serait pas admissible, si nous considérions l'atmosphère tout entière, parce que, comme nous le verrons bientôt, la surface de la terre n'est pas absolument sphérique; mais comme nous n'avons à nous occuper que d'une petite portion de l'atmosphère, s'étendant à peu de distance tout autour de la verticale du lieu d'observation, nous pouvons faire cette hypothèse de couches sphériques concentriques, ayant leur centre commun en un des points de cette verticale, sans qu'il en résulte aucune erreur appréciable. Soit EA (*fig. 98*), un rayon lumineux qui vient d'un astre E, et qui pénètre dans l'atmosphère en *a*. En passant du vide dans la première couche, il éprouve une première déviation, et se dirige suivant *ab*, en se rapprochant de la perpendiculaire *aO* à la surface extérieure de cette couche, menée par le point *a*. Arrivé en

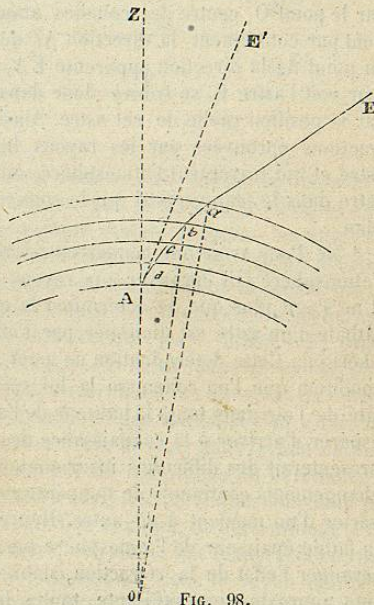


FIG. 98.

b, il éprouve une seconde déviation, en pénétrant dans la seconde couche, qui est plus dense que la première, et se rapproche par conséquent de la perpendiculaire *bO* menée en *b* à la surface de séparation de deux couches. En continuant ainsi, il éprouve une série de déviations successives toutes dans le même sens, et finit par arriver en *A*, après avoir traversé la dernière couche suivant la direction *dA*. L'observateur, qui se trouve au point *A*, et qui reçoit ce rayon lumineux, éprouve la même sensation que si la lumière, n'ayant pas subi de déviation, était venue dans la direction *E'A*. Il en résulte qu'il voit l'astre comme s'il était en *E'*; il le voit plus rapproché du zénith qu'il ne l'est réellement. D'ailleurs, il est aisé de reconnaître que le rayon lumineux, dans ces déviations successives, ne sort pas du plan mené par sa direction primitive *Ea* et par le point *O*, centre des couches atmosphériques, plan qui contient par conséquent la direction *AZ* de la verticale correspondant au point *A*; la direction apparente *E'A*, suivant laquelle l'observateur voit l'astre *E*, se trouve donc dans le plan vertical qui passe par la position réelle de cet astre. Ainsi on peut dire que les réfractions éprouvées par les rayons lumineux qui viennent d'un astre et qui traversent l'atmosphère, ont pour effet de relever cet astre dans le plan vertical qui le contient, sans le faire sortir de ce plan.

§ 55. Pour avoir une connaissance complète de la déviation que l'atmosphère fait éprouver aux rayons lumineux qui la traversent, il ne s'agit plus que de déterminer la quantité dont la distance zénithale d'un astre est diminuée par l'effet de la réfraction atmosphérique. Cette détermination ne peut se faire exactement qu'à la condition que l'on connaisse la loi suivant laquelle varie la densité de l'air dans toute la hauteur de l'atmosphère. Mais on ne peut espérer d'arriver à la connaissance de cette loi, dont la recherche présenterait des difficultés insurmontables, surtout en raison des changements continuels de température et de pression, qui la font varier d'un moment à un autre. Heureusement on a reconnu que la faible épaisseur de l'atmosphère permet de s'en passer, et de déterminer l'effet de la réfraction, sinon exactement, au moins avec une approximation suffisante, toutes les fois que le rayon lumineux que l'on considère ne fait pas un trop petit angle avec le plan horizontal.

Pour se rendre compte de cet important résultat, il suffit de se rappeler que lorsqu'un rayon de lumière *AB* (*fig. 99*) traverse une série de milieux homogènes *M*, *M'*, *M''*, *M'''*, séparés les uns des autres par des surfaces planes et parallèles, la direction *EF* que

prend ce rayon dans le dernier milieu *M'''* est exactement la même que celle qu'il y aurait prise, s'il était tombé directement sur ce milieu, sans traverser préalablement les milieux *M*, *M'*, *M''*; en sorte que, si l'on connaît le milieu *M'''*, et la direction du rayon incident *AB*, on peut en déduire l'angle que le rayon réfracté *EF* fait avec ce rayon in-

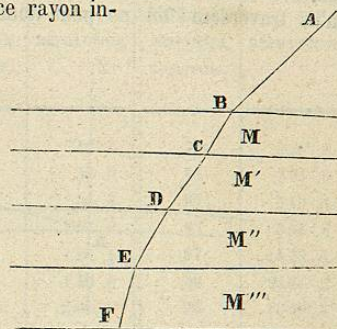


Fig. 99.

cidant, sans s'inquiéter de connaître les milieux que le rayon lumineux a traversés pour passer de la direction *AB* à la direction *EF*. Or, si un rayon lumineux traverse l'atmosphère sans faire un trop petit angle avec l'horizon du lieu où il vient tomber, les points où il perce les diverses couches atmosphériques ne sont pas assez éloignés de la verticale du lieu pour que la courbure de ces couches se fasse bien sentir : les choses se passent à très-peu près de la même manière que si les couches d'égale densité dont se compose l'atmosphère étaient séparées les unes des autres par des plans parallèles à l'horizon du lieu; et la réfraction éprouvée par le rayon lumineux est sensiblement la même que si ce rayon passait directement du vide dans la couche atmosphérique où se trouve l'observateur, cette couche étant limitée à sa partie supérieure par un plan horizontal. On peut donc se placer dans cette dernière hypothèse, pour déterminer la réfraction qu'éprouvent les rayons lumineux qui viennent des astres, et l'on n'aura besoin pour cela que de connaître l'état de l'air dans le lieu de l'observation, état qui sera fourni par les indications du baromètre et du thermomètre. Une discussion complète de la question, faite par Biot, a prouvé que l'erreur que l'on commet, en déterminant la réfraction d'après cette hypothèse, est tout à fait inappréciable, tant que la distance zénithale de l'astre d'où vient le rayon lumineux ne dépasse pas 75 degrés, ou, ce qui est la même chose, tant que sa hauteur au-dessus de l'horizon est supérieure à 15 degrés. La figure 100, où l'épaisseur de l'atmosphère a été figurée dans des proportions exactes, eu égard à la courbure qu'on lui a donnée, fait voir que, même pour la distance zénithale extrême de 75 degrés, les directions des couches atmosphériques, aux points où elles

sont traversées par le rayon lumineux AB, peuvent être regardées comme étant les mêmes que celles du plan horizontal du point A.

Lorsque la distance zénithale d'un astre est de plus de 75 degrés, la réfraction des rayons lumineux qui en viennent n'est plus indépendante de la constitution des diverses couches atmosphériques qu'ils traversent; on ne peut donc la déterminer qu'en partant

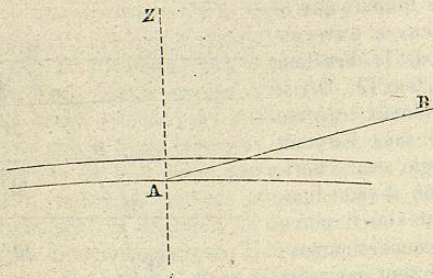


FIG. 100.

d'une certaine hypothèse sur cette constitution, hypothèse que l'on cherche à rapprocher autant que possible de la réalité. Mais les changements qui arrivent constamment dans les couches atmosphériques, aussi bien dans les régions élevées de l'atmosphère que dans celles qui avoisinent la terre, font que les résultats ainsi obtenus sont tantôt trop grands, tantôt trop petits, sans que l'on sache au juste de combien on devrait les modifier pour qu'ils aient à un moment donné une exactitude suffisante. Cette incertitude sur la grandeur de la réfraction éprouvée par un rayon lumineux qui fait un angle de moins de 15 degrés avec l'horizon, oblige les astronomes à n'observer les astres que lorsque leur hauteur au-dessus de l'horizon est supérieure à cet angle, puisque ce n'est que dans ce cas qu'ils peuvent connaître exactement la quantité dont la distance zénithale de chaque astre est diminuée par l'effet de la réfraction, et déduire par conséquent sa position réelle de sa position apparente.

Le tableau suivant est un extrait de la table des réfractions que le Bureau des longitudes publie tous les ans dans l'ouvrage intitulé *Connaissance des temps*, et qui a été calculée conformément à ce que nous venons de dire. Il fait connaître la valeur de la réfraction pour les distances zénithales de 5 en 5 degrés, depuis 0° jusqu'à 90°, en supposant que la hauteur de la colonne barométrique soit de 0^m,76, et que la température soit de 10° centigrades.

On y a mis en outre les réfractions correspondant aux angles de 87° et 89°, pour faire voir de quelle manière se fait l'accroissement rapide de la réfraction dans le voisinage de l'horizon.

DISTANCE ZÉNITHALE apparente.	RÉFRACTION.	DISTANCE ZÉNITHALE apparente.	RÉFRACTION.	DISTANCE ZÉNITHALE apparente.	RÉFRACTION.
0°	0 ^m ,0	35°	40 ^m ,8	70°	2,38 ^m ,8
5	5,1	40	48,9	75	3,34,3
10	10,3	45	58,2	80	5,19,8
15	15,6	50	1 ^m 09,3	85	9,54,8
20	21,2	55	1 ^m 23,1	87	14,28,1
25	27,2	60	1 ^m 40,6	89	24,21,2
30	33,6]	65	2 ^m 04,3	90	33,46,3

On comprendra sans peine, à l'inspection de ce tableau, que si l'on a trouvé que la distance zénithale d'un astre est de 65 degrés, par exemple, on devra l'augmenter de 2^m4^m,3 pour avoir la distance zénithale vraie de l'astre, c'est-à-dire celle que l'on aurait obtenue si l'atmosphère n'avait pas dévié les rayons lumineux : ce qui donnera 65° 2^m4^m,3 pour cette distance zénithale vraie.

À la suite de la table des réfractions, la *Connaissance des temps* donne le moyen de modifier les résultats qu'elle fournit, en raison des différences qui peuvent exister entre la pression atmosphérique et la température observées au moment de la mesure d'une distance zénithale, et celles qui ont été admises pour faire le calcul de la table.

§ 56. Lorsqu'on regarde le ciel, par une belle nuit sans nuages, on aperçoit un nombre considérable de points lumineux, plus ou moins brillants, que l'on désigne en général sous le nom d'*étoiles*. Au premier abord, ces points brillants paraissent immobiles; mais il suffit de les observer attentivement quelque temps, pour s'apercevoir qu'ils sont, au contraire, animés d'un mouvement très-sensible. Supposons, par exemple, qu'on se soit placé de manière à

voir une étoile particulière dans la direction de l'extrémité supérieure d'un arbre ou d'un clocher ; si l'on attend, sans changer de place, qu'il se soit écoulé une demi-heure, ou une heure, on voit qu'au bout de ce temps l'étoile n'est plus dans la direction où on l'avait vue d'abord : elle s'en est éloignée d'une quantité très-appreciable, et d'autant plus grande que l'observation a duré plus longtemps.

Cette observation très-simple peut être faite sur les diverses étoiles que l'on aperçoit, et l'on reconnaît ainsi qu'elles sont toutes animées d'un mouvement plus ou moins rapide. Cependant il y en a quelques-unes dont le déplacement est tellement faible, qu'on ne pourrait pas l'apercevoir par le moyen grossier qui vient d'être indiqué ; et ce n'est qu'en ayant recours à des moyens plus précis, dont nous parlerons bientôt, qu'on peut en reconnaître l'existence d'une manière incontestable.

En observant les étoiles pendant plusieurs heures de suite, on les voit se déplacer d'un mouvement progressif, et occuper ainsi successivement des positions très-différentes par rapport à l'horizon. Supposons, par exemple, qu'on se tourne du côté du midi, c'est-à-dire du côté où l'on voit le soleil au milieu de la journée. Les étoiles qu'on aperçoit dans cette direction se meuvent vers la droite, en s'approchant toujours de plus en plus de l'horizon : bientôt elles l'atteignent, et disparaissent. En même temps on voit, à gauche, d'autres étoiles qui semblent sortir de l'horizon, puis s'élever de plus en plus en se rapprochant de la direction du midi, pour se comporter ensuite, au delà de cette direction, de la même manière que les précédentes. En un mot, en suivant attentivement les mouvements des diverses étoiles que l'on aperçoit dans cette région du ciel, on reconnaît qu'elles se meuvent à peu près comme le soleil : elles se *lèvent* comme lui vers l'orient, et se *couchent* comme lui vers l'occident.

Si, au lieu de se tourner vers le midi, on regarde vers le nord, on y verra encore les étoiles en mouvement ; mais les circonstances de leurs mouvements seront très-différentes. La plupart d'entre elles ne s'abaissent jamais au-dessous de l'horizon ; elles s'en approchent plus ou moins sans l'atteindre : puis elles s'en éloignent jusqu'à une certaine distance, pour s'en rapprocher de nouveau, et ainsi de suite. En même temps elles se meuvent dans le sens de l'horizon, tantôt de droite à gauche, lorsqu'elles en sont le plus éloignées, tantôt de gauche à droite, lorsqu'au contraire elles en sont le plus rapprochées.

§ 57. Pendant que les étoiles se déplacent ainsi, on les voit

conserver entre elles les mêmes positions relatives ; les figures que l'on peut imaginer en les reliant deux à deux par des lignes droites conservent toujours les mêmes formes. Il semblerait que les étoiles sont attachées à la voûte du ciel, et que c'est un mouvement de cette voûte qui les entraîne toutes ensemble, sans que leurs distances mutuelles varient en aucune manière. Il n'y a qu'un très-petit nombre d'astres qui fassent exception à cette règle, et qui, tout en se déplaçant à peu près comme les étoiles qui les avoisinent, marchent un peu plus vite ou un peu plus lentement qu'elles ; en sorte qu'ils se rapprochent de quelques-unes d'entre elles, les dépassent, pour s'approcher d'étoiles situées un peu plus loin, et se comportent ainsi de la même manière que s'ils marchaient sur la voûte céleste, à travers les étoiles que nous imaginions, il n'y a qu'un instant, y être attachées.

De là naît une division des astres en deux grandes classes : la première comprend toute cette multitude de points brillants, qui conservent les mêmes positions les uns par rapport aux autres, et auxquels on donne le nom d'*étoiles fixes*, ou simplement *étoiles* ; la seconde renferme les astres qui occupent successivement différentes positions au milieu des étoiles fixes, et auxquels les anciens ont attribué le nom de *planètes*, c'est-à-dire astres errants. Le soleil et la lune doivent être rangés parmi les astres errants ; aussi les anciens les comptaient-ils dans les planètes. Mais actuellement le mot *planète* n'a plus qu'une signification restreinte, et ne désigne plus qu'une partie des astres de la seconde classe, qui comprend en outre le soleil, les *satellites* des planètes et les *comètes*.

Parmi les astres de la seconde classe, il n'y a que quelques-unes des planètes proprement dites que l'on puisse confondre, au premier abord, avec les étoiles. L'observation attentive d'un astre, pendant un temps suffisamment long, peut bien toujours faire reconnaître si c'est une étoile ou une planète, puisqu'il suffit de voir si cet astre conserve ou ne conserve pas la même position par rapport aux étoiles qui l'environnent. Mais on conçoit qu'il est important d'avoir à sa disposition des moyens plus prompts que celui-là, à l'aide desquels on puisse dire presque immédiatement si l'astre que l'on considère appartient à la première ou à la seconde classe. On a recours pour cela aux caractères physiques de l'astre, caractères qui permettent habituellement de faire facilement cette distinction, ainsi que nous allons le voir.

§ 58. Une planète qui présente, à la simple vue, à peu près le même éclat qu'une étoile, se montre sous un tout autre aspect que l'étoile, lorsqu'on les regarde l'une et l'autre au moyen d'une lu-