

tion S à la position S', avait fait exactement un tour sur lui-même, dans le sens de la flèche, son rayon Sa serait venu prendre la position S'b parallèle à sa direction primitive. Au lieu de cela, ce

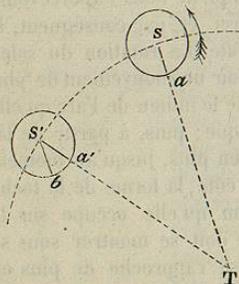


FIG. 198.

rayon a pris la position S'a' : donc le soleil a fait plus d'un tour entier; il a tourné de 360 degrés plus l'angle bS'a égal à l'angle STS', qu'il décrit en 27j,3 dans son mouvement autour de la terre. Le temps employé par le soleil à faire exactement un tour sur lui-même est donc inférieur à 27j,3.

En combinant les résultats d'observations nombreuses faites sur un grand nombre de taches, M. Laugier a trouvé que la durée de la rotation du soleil est de 25j,34. Il a déterminé en même temps la direction de l'axe autour duquel s'effectue cette rotation, et il a reconnu que cet axe fait un angle de 7° 9' 12", avec une perpendiculaire au plan de l'écliptique.

M. Laugier a reconnu, en outre, que les vitesses varient d'une tache à l'autre, de manière à conduire, pour la rotation du soleil, à toutes les valeurs comprises entre 25 et 27 jours. MM. Carrington et Spoerer ont montré que ces vitesses dépendent exclusivement de la latitude de chaque tache : la vitesse est plus grande à l'équateur qu'au pôle et la différence de vitesse entre deux taches dépend du carré du sinus de leur latitude.

Si l'axe de rotation du soleil était exactement perpendiculaire au plan de l'écliptique, les cercles décrits par les diverses taches, dans leur mouvement autour de l'axe, seraient parallèles à ce plan; nous verrions constamment ces cercles par leur tranche, c'est-à-dire que chaque tache nous paraîtrait se déplacer en ligne droite sur le disque du soleil. La légère obliquité de l'axe de rotation du soleil fait que les choses se passent autrement. Aux diverses époques d'une même année, nous voyons les cercles décrits par les taches, tantôt par-dessus, tantôt par-dessous, s'il est possible de s'exprimer ainsi. Les taches doivent donc généralement nous sembler décrire, sur le disque du soleil, des lignes légèrement courbes, tournant leur concavité, tantôt vers l'hémisphère boréal, tantôt vers l'hémisphère austral; et nous ne devons voir les taches se mouvoir en ligne droite qu'à deux époques particulières, pour lesquelles la terre se trouve dans le plan même de l'équateur so-

laire. C'est ainsi que, vers le 1^{er} décembre, les taches nous semblent décrire des lignes droites inclinées dans un certain sens, par rapport à l'écliptique *ee* (fig. 199); du 1^{er} décembre au 1^{er} juin, elles décrivent des courbes convexes du côté du nord (fig. 200); vers le 1^{er} juin, elles décrivent de nouveau des lignes droites (fig. 201), dont l'inclinaison est en sens contraire de ce qu'elle était au

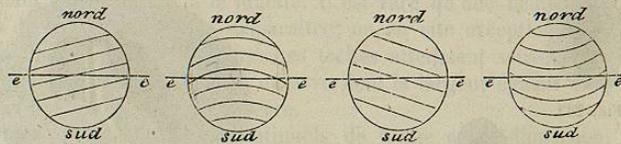


FIG. 199.

FIG. 200.

FIG. 201.

FIG. 202.

1^{er} décembre; enfin, du 1^{er} juin au 1^{er} décembre, elles décrivent des courbes concaves du côté du nord (fig. 202).

155. **Notions sur la constitution du soleil.** — Une étude attentive des formes et des apparences diverses que présentent les taches du soleil a permis d'arriver à quelques notions sur la constitution même de cet astre.

Une tache se compose habituellement de deux parties bien distinctes, dont l'une, occupant le milieu, est d'un noir très-prononcé et porte le nom de *noyau*, tandis que l'autre, que l'on nomme la *pénombre*, s'étend plus ou moins régulièrement sur tout le contour du noyau, et présente une teinte grisâtre (fig. 203). Le noyau et la pénombre sont terminés tous deux par des contours nets et tranchés. D'un autre côté, la pénombre a un éclat sensiblement uniforme dans toute sa largeur; et si elle paraît plus brillante dans certaines parties que dans d'autres, c'est plutôt dans le voisinage du noyau que cela a lieu, circonstance que l'on peut attribuer à un effet de contraste. On voit, d'après cela, que le mot *pénombre* n'a pas du tout ici la même signification que lorsqu'il est employé pour désigner l'espace partiellement éclairé qui environne l'ombre pure d'un corps exposé aux rayons du soleil (§ 119). Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on voit des taches présentant un noyau sans pénombre, ou bien une pénombre sans noyau. Les taches n'affectent d'ailleurs aucune forme particulière; souvent elles sont groupées de manière à présenter plusieurs noyaux environnés d'une seule pénombre. On s'en fera une idée par les figures 204, 205, 206, qui sont la reproduction exacte de taches réellement observées sur le soleil.

Si l'on observe une tache pendant plusieurs jours, on reconnaît

que, en même temps qu'elle se déplace, elle change progressivement de forme, sans que ce changement puisse être entièrement attribué à l'obliquité plus ou moins grande de la portion de la surface du soleil sur laquelle elle se trouve (§ 153). Un grand nombre de taches, en se déformant ainsi, deviennent de plus en



FIG. 203.

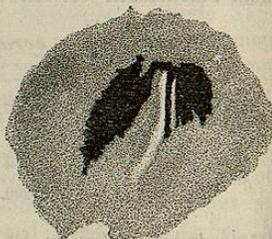


FIG. 204.

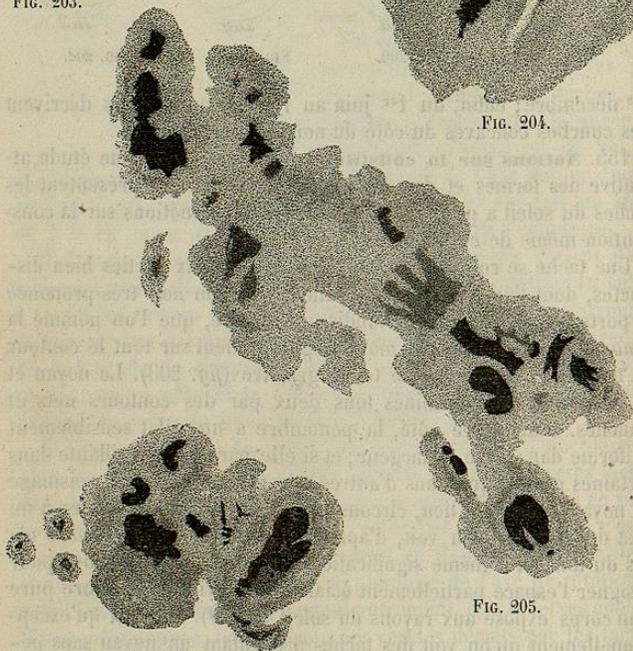


FIG. 205.

FIG. 206.

plus petites, et finissent par disparaître avant que la rotation du soleil les ait amenées près du bord occidental du disque. En même temps, il s'en reforme d'autres, que l'on voit apparaître en des points de la surface, où peu de temps auparavant il n'y en avait pas de traces. De même, parmi les taches que le mouvement de rotation de l'astre fait disparaître par le bord occi-

dental de son disque, il y en a plusieurs qui ne reparaisent pas; et, avec celles que l'on revoit, on en observe d'autres que l'on n'avait pas encore aperçues jusque-là. Les changements qu'éprouvent les taches, dans leurs formes et dans leurs dimensions, se produisent généralement avec lenteur; cependant ils sont quelquefois brusques, de telle manière qu'on peut les voir se produire pendant qu'on a l'œil à la lunette. Il est rare qu'une tache dure plus de six semaines sans disparaître; on en cite exceptionnellement une qui a duré 70 jours. Les taches atteignent souvent des dimensions considérables; on en a vu dont la largeur égalait cinq ou six fois le diamètre de la terre.

Outre ces changements continuels de forme et de dimension, les taches se déplacent par rapport les unes aux autres; elles sont donc animées de mouvements particuliers en outre du mouvement commun qu'elles possèdent en vertu de la rotation du soleil sur lui-même. Il en résulte que, si l'on regarde le mouvement de chaque tache prise isolément comme uniquement dû à la rotation du soleil, on ne trouve pas la même durée de rotation, ni la même direction pour l'axe de rotation de l'astre, suivant qu'on se sert de telle ou telle tache pour les déterminer; en sorte que ce n'est qu'en prenant des moyennes entre les résultats fournis par l'observation d'un grand nombre de taches, qu'on peut trouver les nombres qui caractérisent bien réellement la rotation de la masse du soleil.

Un fait digne de remarque, c'est que les taches solaires ne se produisent pas sur la totalité de la surface de l'astre; on n'en voit que dans une zone qui s'étend de part et d'autre de l'équateur du soleil et qui se trouve comprise entre le 10° et le 35° degré de latitude héliocentrique.

Le nombre des taches qu'on peut apercevoir annuellement sur le soleil est extrêmement variable. W. Herschell pensait que l'apparition des taches était l'indice d'une abondante émission de chaleur solaire, et il avait cherché à établir un rapport entre le nombre annuel des taches et le prix du blé; ce prix devant être, selon Herschell, plus faible lorsque les taches ont été nombreuses. Ces comparaisons ne donnèrent aucun résultat.

De 1826 à 1868, le baron Schwabe observa le soleil chaque jour, lorsque l'état du ciel le permettait. Il résulte de la longue série de ces observations, que le phénomène des taches présente des maxima et des minima très-prononcés se succédant à un intervalle de dix années; ainsi, le nombre augmente pendant cinq ou six années, atteint un maximum, décroît pendant cinq ou six

années, atteint un minimum, et recommence à croître jusqu'au maximum séparé du premier par un intervalle de dix à douze ans.

M. R. Wolf, de Zurich, dans son ouvrage sur les taches solaires, a pu établir la chronologie des phases que notre soleil a présentées depuis l'époque de la découverte des taches jusqu'à nos jours. Ses calculs l'ont conduit à une période de 10 ans $\frac{1}{3}$. M. Lamont a trouvé pour cette même période 10 ans 43. Nous ferons remarquer plus loin, en parlant des étoiles variables, l'analogie que le soleil présente avec quelques étoiles, telles que Mira ceti, β de Persée, β de la Lyre, etc., dont l'éclat subit aussi des changements périodiques très-réguliers.

La partie brillante de la surface du soleil ne présente pas un éclat uniforme. Toute cette surface est couverte d'une multitude de petits grains ayant presque tous les mêmes dimensions, mais de formes très-différentes, parmi lesquelles l'ovale semble dominer; on les a comparés tantôt à des grains de riz, tantôt à des feuilles de saule. Ces grains, dit le P. Secchi, sont de véritables points lumineux, et on peut les considérer comme étant les sommets d'autant de cônes ayant à la base des diamètres de 240 à 260 kilomètres; on leur donne le nom de *lucules*. Les interstices qui séparent ces grains forment un réseau sombre, mais qui n'est pas complètement noir. Herschell dit qu'on peut se faire une idée des *lucules*, en comparant la surface du soleil à la peau d'une orange.

Il existe généralement, autour des taches, des espaces plus lumineux que le reste, qu'on nomme *facules*. Ces facules changent de place et de forme, tout comme les taches, et leurs mouvements nous ont permis déjà de constater le mouvement de rotation du soleil (§ 153).

Les circonstances que nous venons de signaler indiquent évidemment que les matières qui constituent la surface du soleil sont douées d'une grande mobilité. On ne peut s'en rendre compte qu'en admettant que le soleil est formé, au moins à sa surface, d'une substance fluide extrêmement lumineuse. Quant aux taches, facules et lucules, nous allons voir par quelles considérations on est parvenu à les expliquer d'une manière satisfaisante.

Si une tache était due à certaines particularités existant seulement sur la surface extérieure du soleil, il est aisé de voir comment elle se comporterait, lorsque la rotation de l'astre l'amènerait dans le voisinage du bord occidental du disque. La partie de la tache la plus rapprochée de ce bord se présenterait à l'observateur plus obliquement que tout le reste; et par conséquent la pénombre

qui environne la tache devrait se rétrécir beaucoup plus du côté de ce bord que du côté opposé. Or, c'est le contraire qui arrive : la largeur de la pénombre diminue plus rapidement dans la partie qui est tournée vers le centre du disque que dans la partie opposée; et même la pénombre disparaît entièrement du côté du centre, tandis qu'elle a encore une certaine largeur du côté du bord occidental du disque (fig. 207). Cette circonstance remarquable ne peut s'expliquer qu'en admettant que la tache n'existe pas uniquement à la surface même du soleil, c'est-à-dire en la regardant comme ayant une certaine profondeur au-dessous de cette surface. Les taches sont donc dues à de véritables cavités dans la masse éblouissante et mobile qui constitue toute la surface visible du soleil, c'est-à-dire dans ce que l'on nomme la *photosphère* (sphère de lumière).

La profondeur des taches, suivant M. Faye, est d'environ 900 lieues; ce n'est pas à dire que telle soit l'épaisseur de la couche brillante nommée photosphère; mais c'est la profondeur à laquelle descend la pénombre dont l'orifice inférieur délimite le noyau obscur.

Les observations faites durant les éclipses de soleil (§ 241) ont montré que le soleil n'est pas limité par un contour géométrique nettement défini. Tant que dure l'éclipse totale, on voit autour du soleil et de la lune une *couronne* lumineuse dont la figure 289 peut donner une idée. « L'astre du jour, dit Baily en rendant compte de l'éclipse de 1842, était remplacé par un disque noir comme la poix, environné d'une gloire brillante analogue à celle qu'on représente autour de la tête des saints. » Cette couronne, qui a parfois une étendue égale au diamètre de la lune, laisse souvent échapper des rayons ou *aigrettes* d'une longueur considérable.

On observe encore sur le bord du soleil, au moment où cet astre est complètement éclipsé par la lune, des appendices de dimensions considérables, auxquels on a donné le nom de *protubérances*. Ces protubérances, représentées sur la figure 289, ont des hauteurs et des formes variables; nous donnerons plus loin les résultats auxquels l'analyse spectrale a conduit les savants touchant leur nature, mais dès à présent nous pouvons dire que ces protubérances sont des flammes de gaz hydrogène dont la hauteur peut s'élever à plusieurs fois le diamètre de la terre.

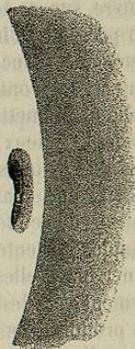


FIG. 207.

§ 156. Tous les faits que nous venons de résumer rapidement sont acquis à la science; des observations multipliées les ont mis hors de conteste. Les savants ont voulu aller plus loin et ont essayé, en partant de ces données certaines, de se rendre un compte exact de la constitution du soleil. Si nous voulons les suivre sur ce terrain, il faut bien reconnaître que nous sommes en présence d'hypothèses plus ou moins ingénieuses, qui ont été remplacées successivement à mesure que des faits nouveaux venaient les contredire. Dans ces derniers temps, M. Faye a été conduit à émettre sur la constitution du soleil une hypothèse qui s'adapte mieux aux phénomènes observés qu'aucune de celles auxquelles on s'était précédemment arrêté. Suivant lui, le soleil serait une masse gazeuse d'une température très-élevée. En raison de cette haute température, les diverses substances simples qui entrent dans sa composition ne pourraient pas se combiner entre elles; mais le refroidissement superficiel dû au rayonnement vers les espaces célestes permettrait à des combinaisons de se produire, ce qui, par la formation de précipités solides pulvéreux disséminés dans les couches extérieures de la masse gazeuse, donnerait lieu à la lumière éblouissante de la photosphère. Par suite de leur plus forte densité, ces précipités solides descendraient peu à peu dans l'intérieur de la masse, où ils seraient décomposés par la haute température qu'ils rencontreraient, et reviendraient à l'état gazeux; d'ailleurs ces courants descendants détermineraient la formation de courants ascendants, en vertu desquels les matières de l'intérieur se rapprocheraient de la surface: de telle sorte que la masse gazeuse tout entière contribuerait ainsi à entretenir l'énorme production de chaleur et de lumière à la surface de l'astre.

L'idée de regarder la photosphère du soleil comme formée de nuages lumineux flottant dans une atmosphère transparente est déjà ancienne. Arago lui a donné une grande consistance en montrant, par des expériences de polarisation, que la lumière du soleil est de même nature que celle d'une flamme qui contient des poussières solides en ignition, telle que la flamme d'une bougie ou celle du gaz d'éclairage, tandis qu'elle se distingue essentiellement de la lumière émise par un corps solide ou un liquide incandescent.

Les taches solaires, dit M. Faye, ne sont pas des nuages opaques formés au-dessus de la photosphère par le refroidissement des parties extérieures du soleil, ainsi que l'avait déclaré M. Kirchhoff; elles ne sont pas dues à des courants qui descendraient d'une vaste atmosphère entourant le soleil, et qui produiraient, par leur basse

température, une extinction locale, ainsi que M. Spencer et les astronomes anglais l'ont pensé. Les taches, d'après M. Faye, sont quelque chose de plus simple. Il suffit, dit-il, de considérer le mode de rotation de la photosphère, où les zones successives et contiguës sont animées de vitesses décroissantes à partir de l'équateur, pour s'en rendre compte. Ce décroissement de vitesse donne naissance çà et là, dans la photosphère, à des tourbillons verticaux tout à fait analogues à ceux qui se produisent si aisément dans les cours d'eau. Les cyclones si fréquents dans notre atmosphère n'ont pas d'autre cause. Les tourbillons de la photosphère absorbent les nuages lumineux de la surface brillante, et comme ils exercent aussi, dans le sens de leur axe, une sorte d'aspiration sur les régions froides placées au-dessus, ils entraînent dans leur entonnoir évasé circulairement les matériaux refroidis de la chromosphère: de là un abaissement de température bien capable de donner son opacité au noyau obscur du tourbillon.

La rareté des taches à l'équateur s'explique par le peu de différence de vitesse d'une zone à l'autre dans cette région.

Les courants ascendants de vapeurs métalliques qui rencontrent le tourbillon, se trouvent refoulés. Une portion de ces vapeurs se condense sur les parois relativement froides de l'entonnoir et y forment la pénombre; l'autre partie va se condenser autour de l'orifice supérieur, dont elle augmente l'éclat et produit les *facules*.

Les masses gazeuses plus ou moins mélangées que les tourbillons aspirent dans la chromosphère et entraînent jusqu'à une certaine profondeur, ne tardent pas à s'échapper par l'orifice inférieur et à remonter à la surface; elles surgissent alors au-dessus de la photosphère en langues de feu plus ou moins élancées, et constituent ces *protubérances* dont nous avons parlé déjà et que nous étudierons plus complètement plus loin.

§ 157. **Lumière zodiacale.** — A certaines époques de l'année, si l'on regarde le ciel à l'occident, le soir, lorsque le crépuscule a cessé, on voit une lueur de forme triangulaire, qui s'étend depuis l'horizon jusqu'à une hauteur plus ou moins grande. Cette lueur, dont la largeur à la base va jusqu'à 20 et même 30 degrés, et dont la hauteur atteint quelquefois 50 degrés, est connue sous le nom de *lumière zodiacale*. En étudiant avec soin la direction de la ligne qui s'étendrait dans toute sa hauteur, en passant partout au milieu de sa largeur, on reconnaît que cette ligne coïncide à très-peu près avec le grand cercle de l'écliptique; en sorte que, si on la prolongeait au-dessous de l'horizon, elle irait rencontrer le

soleil. La lumière zodiacale participe, d'ailleurs, au mouvement diurne de la sphère céleste; son extrémité supérieure s'abaisse, en conséquence, de plus en plus, et, au bout de quelque temps, elle disparaît entièrement.

Nous ferons connaître ultérieurement l'explication qu'on donne généralement de ce phénomène. Nous nous contenterons de faire observer que la matière, quelle qu'elle soit, dont la présence nous est indiquée par la lumière zodiacale, doit être extrêmement peu condensée; car cette lueur n'empêche pas de voir les petites étoiles qui sont dans sa direction.

§ 158. Pour que la lumière zodiacale puisse être aperçue, il faut que le ciel soit pur, et qu'au moment où le crépuscule cesse, son extrémité supérieure se trouve encore à une hauteur convenable, sans quoi elle se perdrait dans les vapeurs de l'horizon. Cette dernière condition n'est remplie, à Paris, et en général dans les zones tempérées, qu'à certaines époques de l'année, ainsi que nous allons le reconnaître sans peine; et c'est à ces époques seulement qu'on peut observer la lumière zodiacale.

Si l'on fait tourner un globe céleste autour de son axe, après avoir donné à cet axe l'inclinaison qui convient au lieu où l'on se trouve, on voit le grand cercle de l'écliptique occuper successivement différentes positions, par rapport à l'horizon; l'angle que ce grand cercle fait avec le plan horizontal varie entre des limites assez étendues. Soient en effet HH, l'horizon du lieu (*fig.* 208), OZ la verticale, EE l'équateur céleste, PQ l'axe du monde, ABCD l'écliptique dans une position quelconque, et OK l'axe de l'écliptique. Pendant que le globe tourne autour de PQ, dans le sens de la flèche, l'équateur EE tourne sur lui-même, sans changer de position par rapport à l'horizon; mais il n'en est pas de même de l'écliptique. L'axe OK de ce grand cercle tourne autour de PQ, en décrivant une surface conique dont O est le sommet et KK'K'' est la base. L'angle que cet axe OK fait avec la verticale OZ varie en conséquence, en passant par toutes les valeurs possibles, depuis l'angle ZOK' jusqu'à l'angle ZOK''. Or, il est clair qu'à chaque instant l'inclinaison de l'écliptique sur l'horizon est égale à l'angle ZOK formé par les perpendiculaires OK, OZ à ces deux plans; elle varie donc également entre ces deux limites ZOK', ZOK''; à Paris, par exemple, l'angle que la verticale OZ fait avec l'axe du monde OP est égal à environ $41^{\circ} 10'$; si l'on ajoute à cet angle l'obliquité POK de l'écliptique, qui est de $23^{\circ} 28'$, on trouve $64^{\circ} 38'$; si l'on en retranche, au contraire, cette obliquité, on trouve $17^{\circ} 42'$; donc l'inclinaison de l'écliptique sur l'horizon, à Paris, varie entre $17^{\circ} 42'$ et $64^{\circ} 38'$.

C'est en vertu du mouvement diurne de la sphère céleste que se produisent les variations de l'inclinaison de l'écliptique sur l'horizon; en sorte que, tous les jours, cette inclinaison varie entre les limites extrêmes

que nous venons de trouver. A une certaine heure de la journée, l'angle que l'écliptique fait avec l'horizon atteint sa valeur maximum égale à ZOK''; cela a lieu évidemment lorsque la ligne des équinoxes AOC se trouve dans l'horizon même, l'équinoxe du printemps A étant à l'ouest, en F, et l'équinoxe d'automne C à l'est, si toutefois on est placé en un lieu appartenant à l'hémisphère boréal de la terre; alors l'écliptique se trouve dans la position qu'indique la figure 209. A une autre heure, au contraire, éloignée de la première de la moitié d'un jour sidéral, l'angle de l'écliptique avec l'horizon atteint sa valeur minimum égale à ZOK'; alors la ligne des équinoxes est encore dans le plan de l'horizon; mais l'équinoxe du printemps A est à l'est, et l'équinoxe d'automne à l'ouest (*fig.* 210).

Pour que l'on puisse voir la lumière zodiacale à l'heure que nous avons indiquée, c'est-à-dire le soir, lorsque le crépuscule a cessé, il faut qu'à cette heure l'écliptique fasse un grand angle avec l'horizon; sans quoi, ainsi que nous l'avons déjà dit, cette lumière se perdrait dans les vapeurs de l'horizon. Il est donc nécessaire qu'à ce moment l'écliptique se trouve à peu près placé comme le montre la figure 209, c'est-à-dire que l'équinoxe du printemps A soit alors peu éloigné de l'horizon, du côté de l'ouest. Mais le soleil, à ce moment même, est aussi à une faible distance de l'horizon, du côté de l'ouest; et, par conséquent, le soleil doit

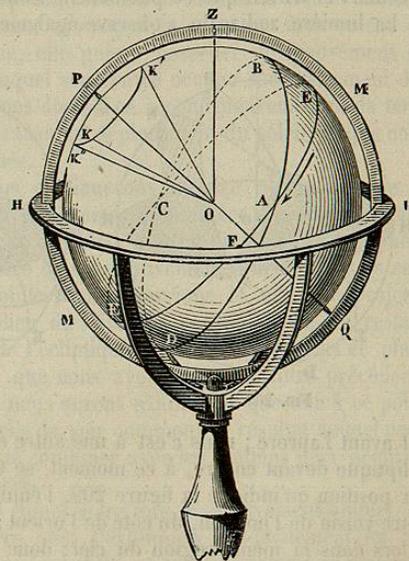


FIG. 208.

tère en un point de l'écliptique voisin de l'équinoxe du printemps. C'est donc vers le 21 mars que les circonstances sont favorables à l'observation de la lumière zodiacale. C'est, en effet, dans les mois de mars et d'avril que ce phénomène s'observe en Europe.

La lumière zodiacale s'observe également le matin, à l'orient,

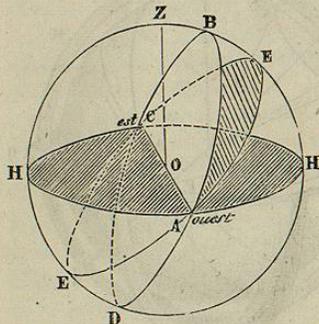


Fig. 209.

et avant l'aurore ; mais c'est à une autre époque de l'année. L'écliptique devant encore, à ce moment, se trouver à peu près dans la position qu'indique la figure 209, l'équinoxe d'automne C doit être voisin de l'horizon, du côté de l'orient ; mais le soleil se trouve alors dans la même région du ciel ; donc il doit être peu éloigné de l'équinoxe d'automne. Aussi est-ce vers le mois de septembre que peut se faire cette observation du matin.

MOUVEMENT DE LA TERRE AUTOUR DU SOLEIL.

§ 159. **Le mouvement du soleil n'est qu'une apparence due à ce que la terre se meut autour de cet astre.** — Après avoir étudié le mouvement diurne du ciel, et avoir reconnu que ce mouvement n'est autre chose qu'une rotation uniforme de l'ensemble des étoiles autour de l'axe du monde, nous nous sommes demandé si cette rotation était bien réelle (§ 70). L'examen de la question nous a fait voir que le mouvement diurne de la sphère céleste n'est qu'une apparence due à la rotation de la terre sur elle-même. Maintenant que nous avons fait un pas de plus, que nous nous sommes rendu compte du mouvement du soleil, tel que nous le voyons de la terre, nous pouvons nous demander également si ce mouvement est bien réel ; ne serait-il pas possible

qu'il ne fût aussi qu'une pure apparence due à un autre mouvement, dont la terre serait animée en même temps qu'elle tourne autour de son axe ? La terre étant un corps isolé de toutes parts (§ 52), et pouvant, par conséquent, être en mouvement d'une manière quelconque dans l'espace, on conçoit qu'outre son mouvement de rotation sur elle-même, elle puisse posséder un mouvement de translation en vertu duquel son centre occupe successivement différentes positions. Voyons donc si ce second mouvement de la terre ne serait pas l'unique cause du déplacement du soleil tel que nous l'observons chaque année.

Pour simplifier, nous continuerons à faire abstraction de la rotation de la terre sur elle-même, de manière à réduire le mouvement annuel apparent du soleil à ce qu'il serait si la sphère céleste n'était pas animée de son mouvement diurne. Dans ce cas, les étoiles étant immobiles, nous verrions le soleil se projeter successivement au milieu de diverses constellations, en restant toujours dans le plan de l'écliptique, et se mouvant dans ce plan, conformément aux lois que nous avons fait connaître précédemment (§ 149). Lorsque nous aurons examiné la question à ce point de vue, il nous sera facile de voir comment le résultat auquel nous serons parvenus peut se combiner avec les notions déjà acquises sur la rotation de la terre.

§ 160. Il est aisé de comprendre que le mouvement annuel du soleil autour de la terre peut s'expliquer très-facilement en regardant cet astre comme immobile, et la terre comme se mouvant autour de lui. Pour prendre une comparaison dans les objets qui nous sont familiers, supposons qu'un arbre soit isolé au milieu d'une vaste plaine, et que cette plaine soit bordée par une forêt sur tout son contour. Si nous sommes placés dans la plaine, à peu de distance de l'arbre, nous le verrons dans la direction de certains arbres de la forêt environnante ; en changeant de position, de manière à tourner autour de l'arbre central, nous le verrons successivement se projeter sur les divers arbres qui garnissent le contour de la plaine. Si nous ne savions pas que nous nous déplaçons, et que l'arbre que nous observons est fixé au sol, nous serions naturellement portés à croire que c'est l'arbre qui tourne autour de nous ; puisqu'il nous paraît successivement dans la direction des divers points du contour de la plaine. Or, la même chose peut tout aussi bien arriver si l'arbre central est remplacé par le soleil, et les arbres de la forêt environnante par les étoiles. En admettant que le soleil soit immobile dans l'espace, et que la terre se meuve autour de lui, nous, qui sommes placés sur la

terre, nous verrons le soleil successivement dans la direction de diverses constellations; n'ayant pas conscience de notre propre mouvement, nous croirons que le soleil se meut autour de nous. Ainsi, il est tout aussi simple de regarder le mouvement du soleil comme n'étant qu'une apparence due à ce que la terre se meut autour de lui, que de regarder ce mouvement comme existant réellement.

Il résulte des observations que, en regardant la terre comme immobile, le soleil décrit dans le plan de l'écliptique une ellipse dont la terre occupe un des foyers. Pour que les apparences soient exactement les mêmes, dans l'hypothèse du mouvement de la terre autour du soleil, il faut qu'elle décrive également dans ce plan une ellipse dont le soleil occupe un des foyers, et que cette ellipse ait précisément les mêmes dimensions que celle que l'on voit décrire au soleil. C'est ce qu'on reconnaîtra sans peine à l'aide de la figure 211. Soit $SS'S'S''$ l'ellipse que nous voyons décrire au soleil

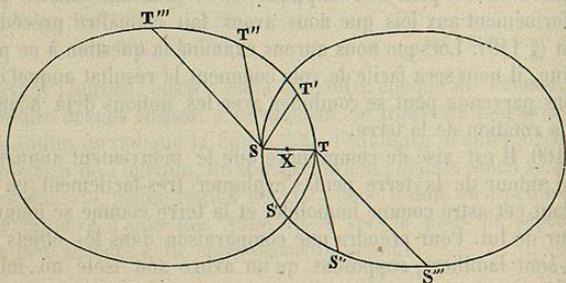


FIG. 211.

autour de la terre T. Si nous faisons faire un demi-tour à cette ellipse, dans son plan, autour du point X, milieu de ST, le point T viendra en S, le point S en T, et l'ellipse en $SS'S'S''$ prendra la position $TT'T'T''$. Cette seconde ellipse $TT'T'T''$ est précisément la ligne courbe que la terre T doit décrire autour du soleil S, supposé immobile, pour que les apparences soient les mêmes. En effet, lorsque nous voyons le soleil de S en S', la direction suivant laquelle nous l'apercevons, passe de TS à TS'; or, si le soleil ne se déplace pas, et que la terre, au contraire, marche de T en T', en décrivant un arc TT' précisément égal à SS', la direction suivant laquelle nous verrons le soleil aura changé exactement de la même manière: car la ligne TS est évidemment parallèle à TS'. De plus, la distance du soleil à la terre devient égale à TS', lorsque

le soleil va de S en S'; mais si c'est la terre qui change de position et qui va de T en T', le soleil restant en S, la distance entre ces deux corps devient TS', qui est évidemment égale à TS'. Ainsi, au lieu de supposer que le soleil parcourt successivement les arcs d'ellipse SS', S'S', S''S'', et que la terre reste immobile en T, on peut admettre que la terre décrit dans les mêmes temps les arcs TT', T'T', T''T'', respectivement égaux aux précédents, et que le soleil ne se déplace pas: la direction suivant laquelle on verra le soleil, et la distance de cet astre à la terre, changeront exactement de la même manière dans l'un et l'autre cas.

Le mouvement que l'on doit attribuer à la terre, sur l'ellipse $TT'T'T''$, étant exactement le même que celui du soleil sur l'ellipse $SS'S'S''$, on en conclut que, s'il est vrai que ce soit la terre qui se meuve autour du soleil, non-seulement elle décrit autour de cet astre une ellipse dont il occupe un des foyers, mais encore elle décrit cette ellipse conformément à la loi des aires (§ 149).

§ 161. Le mouvement du soleil, tel que nous l'observons, pouvant s'expliquer avec la même facilité, soit qu'on regarde la terre comme immobile et le soleil comme se mouvant autour d'elle, soit qu'au contraire on regarde la terre comme se mouvant autour du soleil, voyons quels sont les motifs que nous pouvons avoir de nous arrêter à l'une ou à l'autre de ces deux idées.

Nous avons vu que le diamètre du soleil est $108\frac{1}{2}$ fois plus grand que celui de la terre (§ 152). Le rapport des dimensions des deux corps est d'ailleurs rendu très-sensible par la figure 195. On voit tout de suite par là que, si l'un de ces deux corps se meut autour de l'autre, il y a une très-grande probabilité pour que ce soit la terre plutôt que le soleil. On aurait peine à concevoir qu'il en fût autrement. La grandeur énorme du soleil, relativement à la terre, porte naturellement à admettre que c'est la terre qui se meut autour du soleil, et qui donne lieu ainsi aux apparences dont nous nous sommes occupés précédemment.

Cette considération des grandeurs relatives du soleil et de la terre est loin d'être la seule raison que l'on puisse faire valoir en faveur du mouvement de la terre; il en existe plusieurs autres que nous ne sommes pas en mesure de développer en ce moment, et sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement, chaque fois que l'occasion s'en présentera. Nous nous contenterons seulement d'en faire ici une énumération succincte.

Lorsque nous aurons étudié les apparences que présentent les mouvements des planètes, nous verrons que ces apparences s'expliquent beaucoup plus simplement dans l'hypothèse du mouve-

ment de la terre autour du soleil, que dans l'hypothèse de son immobilité.

Quand on admet que la terre se meut autour du soleil, elle se trouve ainsi rangée parmi les planètes : on reconnaît alors que son mouvement satisfait exactement aux lois qui régissent les mouvements des diverses planètes autour du soleil. On trouve donc là une preuve frappante de l'exactitude des idées qui consistent à regarder la terre comme une planète circulant autour du soleil, de même que toutes les autres.

L'observation attentive des étoiles a fait découvrir un phénomène connu sous le nom d'*aberration*, qui s'explique tout naturellement dans l'hypothèse où la terre est en mouvement autour du soleil; tandis qu'il serait tout à fait inexplicable, si la terre était immobile.

Enfin l'admirable théorie de la gravitation universelle, dont l'exactitude a été vérifiée dans des circonstances si nombreuses et si variées, repose essentiellement sur cette idée, que le soleil est le corps principal de notre système planétaire, et que les diverses planètes, y compris la terre, sont en mouvement autour de cet astre central.

Ces raisons sont plus que suffisantes pour nous faire admettre le mouvement de la terre comme une vérité incontestable. Aussi c'est ce que nous ferons désormais. Il nous arrivera bien encore quelquefois de parler du mouvement annuel du soleil, de même que, après avoir reconnu l'existence de la rotation de la terre sur elle-même, nous parlons encore du mouvement diurne de la sphère céleste; mais on devra toujours se rappeler qu'il ne s'agit que du mouvement apparent, c'est-à-dire du mouvement tel que nous le voyons.

La terre, en décrivant son orbite elliptique autour du soleil (§ 160), s'éloigne et s'approche alternativement de cet astre. En T (fig. 211), elle en est plus près que dans toute autre position; ce point T, qui est le sommet de l'ellipse le plus voisin du foyer S, se nomme le *périhélie* de la terre. Le sommet opposé de l'ellipse se nomme son *aphélie*. On voit que ces mots ont des étymologies et des significations entièrement analogues à celles des mots *périogée* et *apogée*, qui se rapportent au mouvement d'un astre autour de la terre.

§ 162. La terre se mouvant dans l'espace en même temps qu'elle tourne sur elle-même, l'axe autour duquel s'effectue son mouvement de rotation se déplace nécessairement. Mais comme cet axe et le plan de l'équateur céleste, qui lui est perpendiculaire, con-

servent constamment la même position par rapport aux étoiles, pendant tout le cours d'une année, on doit en conclure que leurs directions ne changent pas; c'est-à-dire que l'axe de rotation de la terre se meut parallèlement à lui-même, pendant que son centre décrit son orbite elliptique autour du soleil.

Si nous nous plaçons, par la pensée, au centre même de la terre, ce point sera en même temps le centre de la sphère céleste. De ce lieu d'observation, nous verrons le soleil décrire exactement le grand cercle de l'écliptique sur la sphère céleste (§ 151). L'intersection du plan de ce grand cercle avec le plan de l'équateur céleste est ce que nous nommons la ligne des équinoxes. Le premier de ces deux plans n'est autre chose que le plan de l'ellipse suivant laquelle le centre de la terre se meut autour du soleil; quant au plan de l'équateur céleste, il se déplace en restant parallèle à lui-même : la ligne des équinoxes se déplace donc également, mais en conservant constamment la même direction.

Il est aisé de se rendre compte des positions que la terre prend successivement autour du soleil dans l'espace d'une année, et de comprendre comment se produisent les différences des saisons. La terre étant dans une position quelconque T (fig. 212), son axe de rotation PQ est dirigé de manière à faire un angle de 23° 28' avec la perpendiculaire TK au plan de l'écliptique. Le plan de son équateur EE coupe le plan de l'écliptique suivant une ligne droite TA, qui est la ligne des équinoxes. Pendant que le centre T de la terre parcourt la courbe TT'T'T", qui est ici vue obliquement, son axe PQ prend successivement les positions P'Q', P"Q", P'''Q", en restant parallèle à lui-même; et la ligne des équinoxes TA se transporte en même temps en T'A', T''A'', T'''A''', sans changer de direction. A un instant donné, le soleil éclaire et échauffe la moitié de la surface de la terre qui est tournée de son côté; et le mouvement de rotation de la terre sur elle-même amène chaque jour la presque totalité de la surface du globe à participer à cette influence bienfaisante. Mais, en raison de l'obliquité de l'axe PQ, l'un des deux pôles est tourné du côté du soleil, tandis que l'autre est tourné du côté opposé; il en résulte que les régions qui avoisinent les deux pôles restent constamment, l'une dans la partie éclairée par le soleil, l'autre dans la partie non éclairée. Le mouvement de translation de la terre autour du soleil fait que ces circonstances ne se produisent pas toujours de la même manière; les deux pôles se trouvent, chacun à son tour, dans la position convenable pour recevoir les rayons du soleil. Lorsque la ligne des équinoxes TA prend la position T'A', qui passe par le centre du soleil S, on est à