

mière qu'émet un corps quand il est chauffé jusqu'à devenir lumineux.

Sans entrer dans une description approfondie de cette méthode qu'on a appliquée avec un si grand succès à l'étude de la constitution du soleil, il suffit de remarquer que, quand on laisse pénétrer dans une chambre obscure par une étroite ouverture un rayon de soleil, si ce rayon vient à traverser un prisme de verre à trois faces, tel qu'une pendeloque de lustre, il ne tombe pas sous forme d'une tache de lumière blanche, mais est détourné de sa course et s'étend en une large bande qui présente toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Cette bande colorée est ce qu'on appelle le *spectre*. La figure 128 représente la course d'un rayon de lumière ainsi brisé; en S est la fente par laquelle passe la lumière; P est le prisme de verre: au lieu de tomber en *i* sous forme de lumière blanche, le rayon est dévié de sa route première et s'élargit en une bande aux couleurs multiples, Vr, rouge à une extrémité et violette à l'autre.

En examinant de près le spectre solaire ainsi obtenu, on constate qu'il est coupé par une foule de petites raies sombres qui forment comme autant d'intervalles dans la bande brillante. Le spectre que donnent une flamme de gaz ordinaire ou la lumière électrique diffère du spectre solaire en ce qu'il est dépourvu de ces raies sombres, la lumière de la flamme y demeurant ininterrompue d'un bout à l'autre. Mais si l'on brûle sur le passage d'un jet de lumière artificielle certains gaz ou vapeurs, tels que l'hydrogène ou la vapeur de sodium, des raies se produisent immédiatement dans le spectre. Si la température de la substance qui produit les raies est plus basse que celle de la substance qui donne le spectre continu, les raies paraîtront sombres; si la température en est plus haute, elles paraîtront brillantes. Les raies qui se produisent ainsi ont une position définie dans le

spectre, si bien que le même élément chimique, dans les mêmes conditions, donne toujours la même série de raies. Il est donc évident qu'en observant la position des raies dans le spectre solaire, et en les comparant aux raies que produit la combustion de certains éléments terrestres, on est amené à conclure à la présence ou à l'absence de ces éléments dans le soleil. On emploie pour l'examen du spectre des instruments spéciaux appelés *spectroscopes*; et on désigne du nom d'*analyse spectrale*

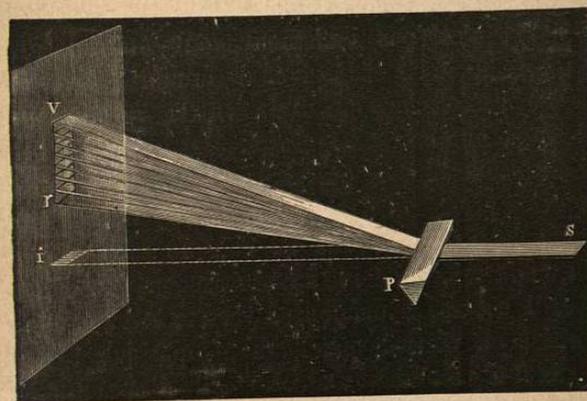


FIG. 128. — Formation du spectre solaire.

cette méthode même de recherches qu'ont inventée et appliquée MM. Bunsen et Kirchhoff.

L'analyse spectrale a révélé que le soleil renferme, outre l'hydrogène, un grand nombre d'éléments, tels que le sodium, le lithium, le calcium, le barium, le magnésium, le zinc, le fer, le manganèse, le nickel, le cobalt, le chrome, le titane, l'aluminium et le cuivre¹.

De la surface du soleil, d'énormes quantités de lu-

1. Pour plus de détails sur la constitution du soleil, voy. les *Contributions to Solar Physics*, par J. Norman Lockyer, 1874.

mière et de chaleur ne cessent de rayonner ou d'être dispersées dans l'espace en tous sens. La terre, par suite de sa petitesse et de son éloignement, ne reçoit qu'une proportion extrêmement minime de la quantité totale qui se déverse ainsi. On a calculé, en effet, que notre globe ne reçoit pas même la deux-billionième partie de la quantité totale de la lumière et de la chaleur émises par le soleil. Tous les phénomènes terrestres qui dépendent de la lumière et de la chaleur solaires s'accomplissent donc au moyen de cette fraction infinitésimale des réserves d'énergie du soleil.

Le soleil n'est pas seulement pour notre terre la source principale de chaleur et de lumière; il est aussi le centre d'attraction qui maintient la révolution du globe dans son orbite régulière. Un morceau de fer placé devant un aimant puissant s'élance vers l'aimant quoiqu'il n'y ait nul lien visible entre eux. Ce même morceau de fer abandonné en l'air ne reste pas suspendu, mais tombe à terre immédiatement; en d'autres termes, il est attiré ou poussé vers la terre comme il était attiré ou poussé vers l'aimant, quoique dans les deux cas il n'y ait aucune cause visible d'attraction. On appelle *magnétisme* la force invisible qui attire le fer vers l'aimant, *gravitation*¹ la force qui l'attire vers la terre.

C'est en vertu de cette force de gravitation que les corps à la surface de la terre possèdent du poids; et plus les corps placés sur la croûte terrestre sont près du centre de la terre, plus l'attraction est grande et plus grand est leur poids. Par suite de la forme sphéroïdale de la terre, un corps est plus éloigné du centre de la terre à l'équateur qu'aux pôles. Un objet qui pèse un kilogramme à Paris pèsera donc un peu plus d'un kilogramme dans les régions polaires et un peu moins

1. *Gravitation*, du lat. *gravitas*, pesanteur.

d'un kilogramme dans la zone équatoriale. Mais si l'on pouvait isoler ce même corps dans l'espace et le soustraire à l'influence de la gravitation, son poids disparaîtrait entièrement, quoique en lui la quantité de matière demeurât la même.

La gravitation n'est nullement confinée à la terre: c'est une force qu'exerce dans une mesure plus ou moins grande toute masse de matière dans l'univers. Deux corps renfermant des quantités inégales de matière étant mis en présence, chacun a une tendance à se déplacer vers l'autre, mais c'est la masse la plus faible qui prend le mouvement le plus rapide. C'est ce que l'on exprime en disant que deux corps s'attirent et que plus la masse est grande, plus est grande l'intensité de la force attractive. Le soleil, masse gigantesque de matière, tend à attirer vers son centre tous les corps, y compris la terre, qui circulent autour de lui. Actuellement (janvier 1892) les astronomes connaissent 331 corps, appelés planètes, qui tournent autour du soleil en décrivant des orbites régulières. La plupart de ces corps sont comparativement petits et sans importance, mais huit sont de grandes planètes: la terre est de ce nombre, mais est loin d'être la plus considérable. Toutes ces planètes sont maintenues dans leurs orbites par la gravitation et tournent autour du soleil qui forme le grand centre du système solaire.

Attachez une boule à un morceau de ficelle et faites-la tourner rapidement; puis coupez soudainement la corde. La boule ne continue pas à se mouvoir en cercle, mais elle s'échappe en ligne droite jusqu'à ce que la gravitation la fasse retomber à terre. La terre se précipiterait de même en ligne droite dans l'espace, si le lien de la gravitation, la chaîne invisible qui l'attache au soleil, venait à se rompre. C'est donc la gravitation qui maintient la révolution de la terre dans une orbite pres-

que circulaire. Mais la gravitation est une force dont la puissance varie avec la distance dans un rapport tel que si la distance est doublée, l'intensité de la gravitation est réduite à un quart; si elle est triplée, l'intensité est réduite à un neuvième, et ainsi de suite. On a montré (p. 392) que la terre est plus près du soleil pendant une partie de l'année qu'aux autres époques; l'attraction entre le soleil et la terre variera donc avec les saisons.

L'attraction est en effet plus grande quand la terre est au périhélie, et la vitesse de la révolution est par conséquent alors plus grande aussi que quand elle est à l'aphélie. Ce défaut d'uniformité dans la vitesse du voyage de la terre à travers le ciel suffit à expliquer pourquoi le jour solaire n'a pas toujours la même longueur. De là l'adoption du *jour solaire moyen* dans la mesure légale du temps.

Il n'y a rien sur la surface de la terre qui ne soit soumis à l'action de la pesanteur. Chaque molécule d'eau tend à tomber vers le centre de la terre et c'est ainsi que les eaux de l'océan se pressent vers le centre de manière à envelopper le globe d'un manteau liquide. Mais, tout en étant ainsi attachée à la terre, l'eau est également attirée par toutes les autres masses qui composent l'univers; et comme les molécules de l'eau ont leurs mouvements libres, c'est d'après l'équilibre de toutes ces attractions que doit se déterminer, les autres conditions restant les mêmes, la position d'une particule quelconque et partant la forme de la surface de l'océan tout entier. La plupart des corps qui sont perdus dans l'espace sont tellement distants de la terre que leur influence est inappréciable; mais il en est autrement du soleil et de la lune. Chacun de ces corps attire l'eau qui recouvre la face du globe tournée vers lui et tend à la détacher de la croûte solide, tandis qu'en même temps il tend à dé-

tacher la masse solide de la terre des couches liquides qui recouvrent la face opposée du globe.

Dans un parallèle de latitude ne coupant que des mers, le contour de l'océan, s'il est abandonné à l'attraction de la terre seule, sera sensiblement un cercle. Mais supposons que le soleil ou la lune viennent à passer à un méridien de ce parallèle, l'attraction qu'ils exerceront convertira le contour de l'océan en une ellipse dont le grand axe passera par les régions où l'attraction sera la plus forte et l'épaisseur de la masse liquide la plus grande, et le petit axe par celles où l'attraction et l'épaisseur de la masse liquide seront les moindres.

Si, avant l'intervention du soleil ou de la lune, la masse liquide avait partout la même profondeur, c'est aux deux méridiens 0° et 180° qu'elle serait maintenant le plus profonde et à 90° et 270° qu'elle le serait le moins. En d'autres termes, il serait alors *haute mer* aux premiers méridiens et *basse mer* aux derniers.

En supposant que le soleil ou la lune fussent immobiles, il est évident que, dans le cours du mouvement diurne de la terre, chaque point de l'océan situé sous le parallèle de latitude en question se fût deux fois soulevé au niveau de la haute mer et deux fois abaissé au niveau de la basse mer. L'effet serait le même que si une vague dont la crête s'élèverait au niveau de la haute mer et le creux se déprimerait à celui de la basse mer, avait fait deux fois le tour du parallèle dans le même espace de temps.

C'est ainsi que la rotation de la terre combinée avec l'attraction exercée sur l'océan par le soleil et par la lune donne naissance aux marées solaires et lunaires. Si la forme de la terre ne s'opposait au libre mouvement des eaux de l'océan et si la lune n'existait pas, il y aurait toujours mer haute un peu après midi et après minuit, et mer basse un peu après six heures le matin et le soir. En outre l'ascension et le retrait de ces marées solaires se-

raient bien inférieurs à ceux de nos marées actuelles. Car le grand éloignement du soleil affaiblit dans une telle mesure son action sur les marées que son influence, comparée à celle de la lune, est dans la proportion de 4 à 9 ou à peu près.

Les marées lunaires sont donc beaucoup plus importantes. Si la lune passait toujours au méridien en même temps que le soleil (comme c'est le cas à la nouvelle lune), la marée lunaire viendrait renforcer la marée solaire : les hautes et basses mers solaires et lunaires coïncideraient alors.

Si, d'autre part, la lune était toujours à 180 degrés du soleil (comme c'est le cas à la pleine lune), l'attraction exercée par la lune et celle exercée par le soleil conspireraient encore, mais non pas aussi complètement, dans le même sens, et les heures des basses et hautes mers solaires et lunaires coïncideraient encore.

Si maintenant la lune passait toujours au méridien six heures plus tôt ou plus tard que le soleil, les deux marées tendraient évidemment à se neutraliser l'une l'autre. Il y aurait basse mer solaire quand il y aurait haute mer lunaire, et *vice versa*. Dans le premier cas, la haute ou la basse mer serait la somme, ou à peu près, des hautes ou des basses mers solaires et lunaires ; dans le dernier, elle en serait la différence.

En réalité, la lune, accomplissant sa révolution autour de la terre en un mois lunaire, passe au méridien avec cinquante minutes environ de retard chaque jour et change constamment de position par rapport au soleil. Il en résulte que dans le cours d'un mois lunaire il y a deux périodes, celles de la nouvelle et de la pleine lune, où les heures des hautes mers solaires et lunaires coïncident et où le mouvement vertical de l'eau est le plus grand ; et deux autres, le premier et le troisième quartier, où les hautes mers solaires coïncident avec les basses

mers lunaires et réciproquement, et où, par conséquent, le mouvement vertical de l'eau est le moindre. Les premières sont les *marées de vive eau* ou *grandes marées*, les dernières les *marées de morte eau*¹.

En pleine mer, l'eau est soulevée par l'attraction de la lune ou par l'attraction combinée de la lune et du soleil, puis elle s'affaisse, en sorte que les marées ne représentent véritablement qu'un mouvement d'oscillation de haut en bas et de bas en haut. La marée lunaire monte, en plein océan, à la hauteur de 0^m,75 environ et la marée solaire à 0^m,30. Mais dans les détroits resserrés, le mouvement oscillatoire de la marée fait place à un mouvement de translation et l'eau avance et recule tour à tour (p. 206). C'était, on se le rappelle, le cas dans la région de la basse Seine dont nous avons parlé au début de cet ouvrage.

C'est, en effet, le mouvement des eaux de la Seine dans son cours inférieur qui a formé le point de départ de ces études élargies peu à peu jusqu'à fournir la matière de ces vingt et un chapitres. « Quelle est la source de la Seine ? » Voilà la première question que nous nous sommes posée ; mais, si facile qu'elle parût, la réponse n'a pu être donnée, même dans les termes les plus simples, que dans ce dernier chapitre, lorsque nous avons connu quelque chose de la masse immense, distante de nous de plus de 148 millions de kilomètres, autour de laquelle circule incessamment la terre.

C'est la pluie qui, directement ou indirectement, alimente la Seine, et la pluie n'est que la condensation des vapeurs que la chaleur solaire a aspirées et répandues dans l'atmosphère. Ainsi, sans le soleil, il n'y aurait ni pluie ni rivières, et il n'y a nulle exagération à dire qu'il

1. On comprendra que nous ne voulons donner ici qu'un aperçu très général de l'origine des marées. Un sujet aussi complexe dépasse la portée de ce livre.

faut faire remonter jusqu'au soleil la source de la Seine. La distribution des pluies dépend des courants atmosphériques, mais ces courants sont dus à des perturbations d'équilibre dont le soleil est encore l'auteur. Sans le soleil, il n'y aurait donc pas de vents. Dans une autre partie de ce volume, nous nous sommes occupés des courants marins; mais ici encore le soleil est la cause dernière. Quelque origine que l'on attribue à ces courants, qu'ils soient dus à l'action immédiate des vents, aux variations de la température des eaux ou à l'excès de l'évaporation en une région sur une autre, il est évident que le soleil est le grand agent dans la formation des courants océaniques.

Dans un autre chapitre, nous avons étudié les phénomènes que présente le froid, et en particulier, la formation des glaciers; ici ou jamais, on pourrait supposer que le soleil n'intervient en rien. Et pourtant il faut se rappeler que la glace d'un glacier n'est que l'eau distillée par la chaleur du soleil, et que la chute de la neige en une localité accuse l'évaporation de l'eau dans un autre endroit. Sans le soleil, il ne pourrait donc y avoir de glaciers.

Nous avons étudié, dans plusieurs chapitres, avec beaucoup d'attention le phénomène de la vie, en tant qu'il se rattache au sujet que nous traitions. Mais tout le monde sait que la chaleur et la lumière sont des conditions tellement nécessaires des manifestations de la vie, que la terre serait dépeuplée de tout ce qui l'anime si on lui retirait les rayons du soleil. Sans la chaleur que verse le soleil, la température de la terre s'abaisserait bien au-dessous de la limite nécessaire à l'entretien de la vie. Les plantes vertes ne décomposent l'acide carbonique et n'obtiennent leur approvisionnement de carbone que sous l'influence de la lumière du soleil; aussi a-t-on souvent fait remarquer que nos réserves de houille repré-

sentent une quantité immense de lumière solaire de la période carbonifère. Ce n'est pas là une vaine imagination, car il est certain que, sans le soleil, il n'y aurait pas eu de houille.

En étudiant la structure géologique du bassin de la Seine, on a montré que notre pays avait subi des changements considérables de climat aux différentes périodes de son histoire; or, de tels changements ne peuvent dépendre que de modifications intervenant dans les rapports de la terre avec le soleil. Sans le soleil, en effet, le bassin de la Seine n'aurait pu avoir d'histoire géologique, car les couches supérieures de ce bassin sont presque exclusivement formées de débris enlevés au sol antérieur par l'action des eaux courantes dont l'écoulement dépend directement ou indirectement de l'action du soleil.

Nous voilà ainsi parvenus au terme de notre enquête. Au point extrême où nous avons conduit notre investigation des causes du phénomène si simple qui s'offrait à nos regards, qu'avons-nous trouvé? Le soleil révélé comme le principe moteur de toute la circulation de matière dont le bassin de la Seine est actuellement, et a été depuis des âges sans nombre, le théâtre. Le spectacle du flux et du reflux des eaux, qui fut le point de départ de nos études, se trouve être ainsi le symbole du jeu des forces qui s'étendent de planète à planète et d'étoile en étoile à travers l'univers.

FIN