

naître que ces planètes tournent sur elles-mêmes; l'aplatissement d'Uranus donne fortement à penser que cette planète est également animée d'un mouvement de rotation. En expliquant le mouvement diurne des astres par une rotation de la terre autour d'un de ses diamètres, Copernic n'a donc fait que donner à ce globe une ressemblance de plus avec les autres planètes. Rien, dans ce que le système de Copernic admet relativement à la terre, ne tend à en faire un corps qui ne rentre pas complètement dans la catégorie des planètes. Si l'on se transporte par la pensée sur la surface de Vénus ou sur celle de Mars, on voit que les astres doivent y paraître animés de mouvements entièrement analogues à ceux que nous observons de la terre. Il n'y aurait pas, il est vrai, dans l'un et l'autre cas, d'astre correspondant à notre lune; mais, si l'on était placé sur la surface de Jupiter, outre que les mouvements des divers astres présenteraient encore les mêmes apparences que sur la terre, on verrait quatre lunes circuler comme la nôtre autour du globe que l'on habiterait.

Si l'on compare les durées des rotations des diverses planètes, y compris la terre, on voit que ces planètes se partagent, sous ce point de vue, en deux groupes distincts. Pour les quatre planètes les plus voisines du soleil, les durées des rotations sont à peu près les mêmes, savoir : 24^h 4^m pour Mercure, 23^h 21^m pour Vénus, 23^h 56^m pour la terre (c'est la durée du jour sidéral), et 24^h 39^m pour Mars. Au delà de Mars, il n'y a plus que Jupiter et Saturne dont les rotations aient pu être constatées et mesurées : les durées de ces rotations, qui ne diffèrent pas beaucoup l'une de l'autre, sont notablement plus courtes que les précédentes, puisqu'elles sont de 9^h 53^m pour Jupiter et de 10^h 16^m pour Saturne.

§ 280. Si nous jetons un coup d'œil sur l'ensemble du système planétaire, nous y trouvons un grand nombre de circonstances qui donnent à ce système un caractère tout particulier, et qui le distinguent complètement d'un simple amas d'astres en mouvement, que le hasard aurait rassemblés dans une même région de l'espace. Les planètes se meuvent toutes autour du soleil, en restant à peu près dans un même plan passant par cet astre central; il n'y a d'exception que pour quelques-unes des petites planètes, dont les orbites font des angles assez grands avec le plan de l'écliptique. Tous ces mouvements des planètes autour du soleil s'effectuent dans un même sens, d'occident en orient. Les planètes principales sont accompagnées de satellites qui se meuvent dans des plans assez peu inclinés sur le plan de l'écliptique, et dans le sens du mouvement des planètes autour

du soleil, c'est-à-dire d'occident en orient. Le soleil tourne sur lui-même, dans le même sens, autour d'un axe qui est presque perpendiculaire au plan de l'écliptique. Enfin, les planètes dont on a pu constater le mouvement de rotation tournent aussi toutes d'occident en orient. Il en est encore de même de la rotation de la lune autour de son centre. Ce concours de circonstances ne permet pas de regarder le système planétaire comme une réunion d'astres purement accidentelle; il nous oblige à regarder le soleil, les planètes et leurs satellites comme ayant une origine commune, et peut nous mettre, jusqu'à un certain point, sur la trace de la formation du système tel qu'il existe maintenant : nous verrons plus tard quelles sont les idées très-plausibles que Laplace a émises à ce sujet.

§ 281. Le système planétaire, dont nous venons d'étudier la constitution, se trouve environné d'étoiles situées de tous les côtés. Mais ces étoiles en sont excessivement éloignées; en sorte qu'il forme un groupe isolé au milieu d'un espace immense dans lequel nous ne voyons aucun astre. Nous avons donné précédemment quelques indications relativement à la distance qui nous sépare des étoiles (§ 178); nous avons dit que la distance de la 61^e du Cygne au soleil est de plus de 595 000 fois la distance moyenne du soleil à la terre, et l'on sait que cette étoile est une de celles qui sont le moins éloignées de nous. On se fera une idée de l'isolement du système planétaire au milieu de l'espace, en remarquant que, d'après l'échelle qui a servi à construire la figure 309, si l'on voulait y placer la 61^e du Cygne, on devrait la mettre à une distance de 5 950 mètres du point S qui représente le soleil, c'est-à-dire environ une lieue et demie.

Il est extrêmement probable que nous ne connaissons pas toutes les planètes qui circulent autour du soleil. On en découvrira sans doute encore plusieurs dans la région comprise entre Mars et Jupiter, où l'on en a tant découvert dans ces dernières années. En outre, il est très-possible qu'il existe quelques planètes plus près du soleil que Mercure, et plus loin que Neptune. Les unes et les autres seraient très-difficiles à observer de la terre : les premières parce que, en raison de la proximité du soleil, la vivacité de la lumière de cet astre empêcherait de les apercevoir; les autres, parce que, en raison de leur éloignement, la lumière qu'elles reçoivent du soleil ne serait pas suffisante pour que nous puissions les distinguer dans le ciel. Mais, dans tous les cas, lors même qu'on étendrait les limites du système planétaire par la découverte de quelques nouvelles planètes situées au delà de Neptune, on n'en devrait

pas moins regarder ce système comme ayant des dimensions extrêmement petites relativement à la distance qui le sépare des étoiles les plus voisines

§ 282. **Découverte de la vitesse de la lumière.** — C'est par l'observation des éclipses des satellites de Jupiter que Rømer découvrit la vitesse de propagation de la lumière (vers 1675). Dominique Cassini, en se fondant sur un très-grand nombre d'observations, avait construit des tables du mouvement de ces satellites, à l'aide desquelles on pouvait prédire le retour de leurs éclipses. Rømer remarqua que les époques auxquelles on observait réellement, soit le commencement, soit la fin des éclipses, n'étaient pas toujours d'accord avec les indications fournies par les tables de Cassini : tantôt le phénomène arrivait un peu en avance, tantôt, au contraire, il arrivait un peu en retard sur l'époque à laquelle il aurait dû arriver d'après la prédiction qui en avait été faite. De plus, l'avance avait toujours lieu lorsque Jupiter se trouvait dans le voisinage de son opposition, et le retard lorsqu'il se trouvait peu éloigné de sa conjonction. Voici de quelle manière Rømer expliqua ces divergences entre les observations et les tables construites d'après un grand nombre d'observations antérieures. Si la lumière que nous envoie un astre était animée d'une vitesse infiniment grande, elle nous arriverait aussitôt qu'elle serait partie, et nous verrions les divers phénomènes lumineux qui se produisent sur la surface de l'astre à l'instant même de leur production. Mais si, au contraire, la vitesse de propagation de la lumière n'est pas infinie, elle emploie un certain temps à parcourir la distance qui nous sépare de l'astre ; lorsque nous la recevons, il y a déjà quelque temps qu'elle est partie de l'astre : nous ne voyons les phénomènes lumineux qui s'y passent qu'après qu'ils se sont réellement produits. Le retard qui en résulte dans l'observation de ces phénomènes dépend d'ailleurs de la distance qui sépare l'astre de la terre ; il est d'autant plus grand que l'astre est plus éloigné. On comprend que ce retard n'aurait aucune influence sur les intervalles de temps compris entre des phénomènes successifs observés sur un astre dont la distance à la terre resterait toujours la même ; l'observation de chacun de ces phénomènes serait toujours en retard de la même quantité sur l'époque réelle de sa production ; le temps écoulé entre deux phénomènes consécutifs serait donc le même que celui qui s'écoulerait entre les époques auxquelles on les observerait de la terre ; la succession de ces phénomènes, observés de la terre, suivrait exactement les mêmes lois que si chacun d'eux était observé à l'instant même où il se produit. Mais si

la distance de la terre à l'astre que l'on considère vient à varier d'une époque à une autre, il n'en sera plus de même ; le retard de l'observation d'un phénomène sur l'époque réelle de sa production sera plus ou moins grand, suivant que la lumière aura un chemin plus ou moins long à parcourir pour venir de l'astre à la terre, et il en résultera une différence correspondante entre les intervalles de temps qui séparent des phénomènes successifs et ceux qui séparent les époques auxquelles on aura observé ces phénomènes.

Si, par exemple, un certain phénomène se produisait régulièrement toutes les heures, sur un astre dont la distance à la terre irait tantôt en augmentant pendant un certain nombre d'heures, et tantôt en diminuant, voici ce qui arriverait : tant que l'astre s'éloignerait de la terre, le temps compris entre deux observations successives du phénomène dont il s'agit serait de plus d'une heure ; lorsqu'au contraire l'astre se rapprocherait de la terre, il s'écoulerait moins d'une heure entre deux observations consécutives. Supposons, pour fixer les idées, que l'astre soit à sa plus petite distance de la terre, à l'instant même où le phénomène en question se produit une première fois ; qu'à partir de là, il s'éloigne de la terre pendant 5 heures ; puis, qu'il s'en rapproche de nouveau pendant 5 heures, de manière à revenir à la distance à laquelle il se trouvait primitivement. Il est aisé de voir que les 5 intervalles de temps compris entre la 1^{re}, la 2^e,... et la 6^e apparition du phénomène, pour un observateur placé sur la terre, seront tous de plus d'une heure ; et que l'excès de l'ensemble de ces 5 durées sur 5 heures sera précisément égal au temps que la lumière emploie à parcourir l'espace dont la distance de l'astre à la terre s'est accrue pendant ce temps total. De même, les 5 intervalles de temps compris entre la 6^e, la 7^e,... et la 11^e apparition du phénomène, seront tous de moins d'une heure, et l'excès de 5 heures sur leur ensemble sera encore égal au temps employé par la lumière à parcourir la différence de la plus grande et de la plus petite distance de l'astre à la terre. On en conclura facilement que l'excès du temps compris entre la 1^{re} et la 6^e observation du phénomène, sur le temps compris entre la 6^e et la 11^e observation, est précisément le double de celui que la lumière met à parcourir la quantité dont la plus grande distance de l'astre à la terre surpasse la plus petite distance de ces deux corps.

Jupiter et la terre se mouvant en même temps autour du soleil, la distance de ces deux planètes varie périodiquement. Lors des oppositions de Jupiter, la terre étant en T et Jupiter en J (*fig. 325*), la distance JT qui les sépare est la différence des distances JS, TS,

de chacune d'elles au soleil S; lorsque, au bout de quelque temps, Jupiter est allé de J en J', et la terre de T en T', Jupiter se trouve en conjonction, et sa distance JT' à la terre est la somme des distances des deux planètes au soleil; plus tard, lorsque Jupiter est allé de J' en J'', et la terre de T' en T'', Jupiter se retrouve en op-

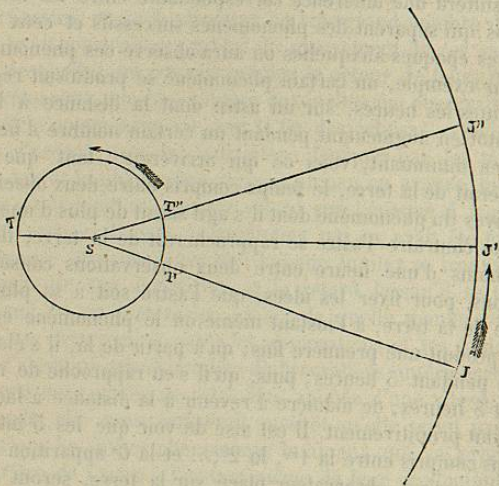


FIG. 325.

position, et sa distance à la terre redevient égale à ce qu'elle était au moment de l'opposition précédente. On voit donc que la distance de Jupiter à la terre varie périodiquement, entre deux limites qui sont la différence et la somme des distances respectives de ces deux corps au soleil; cette distance variable atteint sa plus petite valeur lors des oppositions de Jupiter, et sa plus grande valeur lors des conjonctions de cette planète. Il en résulte que ce que nous venons de dire d'un astre dont la distance à la terre augmente et diminue alternativement, est directement applicable à Jupiter; si la lumière n'a pas une vitesse infinie, la loi de succession des phénomènes lumineux qui se passent sur cette planète ou dans son voisinage doit être altérée pour nous, par suite de l'inégalité des retards qu'éprouve leur observation en raison du changement de distance de Jupiter à la terre.

Or, les divergences que Rømer remarqua, entre les époques où il observait les éclipses des satellites de Jupiter, et les époques

auxquelles ces éclipses devaient arriver d'après les tables de Cassini, étaient toutes dans le sens indiqué par des considérations précédentes. Il ne devait pas regarder, bien entendu, les tables de Cassini comme faisant connaître les instants précis auxquels chaque éclipse commençait ou finissait réellement. Si la lumière ne nous arrive pas instantanément de Jupiter, les tables de Cassini devaient être entachées du retard qu'éprouve l'observation des éclipses, en raison du chemin que la lumière doit parcourir pour venir de Jupiter à la terre. Mais, comme ces tables avaient été construites au moyen d'un grand nombre d'observations faites antérieurement, à des époques où Jupiter se trouvait tantôt près de sa conjonction, tantôt près de son opposition, l'inégalité des retards correspondant aux diverses observations avait dû disparaître dans la combinaison des résultats obtenus; et il ne devait rester, en définitive, dans les tables, qu'un retard moyen: les indications qu'elles fournissaient auraient été complètement d'accord avec les observations ultérieures, si, à toute époque, le retard résultant de la transmission successive de la lumière avait eu la même valeur que lorsque Jupiter se trouve à sa moyenne distance de la terre. Lorsque Jupiter est en opposition, la lumière met moins de temps à parcourir la distance qui sépare cette planète de la terre, que si cette distance était égale à sa valeur moyenne JS; les éclipses observées à cette époque doivent donc être aperçues de la terre un peu plus tôt qu'elles ne devraient l'être d'après les tables de Cassini. Lorsqu'au contraire Jupiter est en conjonction, la distance de cette planète à la terre a la plus grande valeur qu'elle puisse avoir; l'observation du commencement ou de la fin des éclipses qui se produisent dans ce cas, doit donc se faire réellement un peu plus tard qu'elle ne devrait se faire d'après les tables. Rømer reconnut en effet, comme nous l'avons déjà dit, que les époques auxquelles on observait les éclipses des satellites de Jupiter étaient un peu en avance ou un peu en retard sur celles qui étaient assignées à ces phénomènes, d'après les indications fournies par les tables de Cassini, suivant que la distance de Jupiter à la terre était plus petite ou plus grande que la valeur moyenne de cette distance; et, en outre, il vit que l'avance ou le retard de l'époque de l'observation réelle d'une éclipse sur l'époque de sa prédiction était d'autant plus grand, que la distance de Jupiter à la terre différait plus de la distance moyenne de ces deux corps. Dès lors, il n'hésita pas à regarder ces avances et ces retards comme uniquement dus à ce que la lumière ne se transmet pas instantanément de Jupiter à la terre; et il en conclut sans peine la valeur

que devait avoir la vitesse de la lumière, pour rendre compte des particularités que nous venons de signaler dans l'observation des éclipses des satellites de Jupiter.

A l'époque où Jupiter est en opposition, on ne peut pas observer les éclipses de ses satellites, parce que le cône d'ombre de la planète se trouve entièrement caché par elle; de même, lorsque Jupiter est en conjonction, la proximité du soleil empêche que l'on ne puisse faire des observations de ce genre: il faut que la planète soit à une certaine distance de sa conjonction et de son opposition, pour que les éclipses de ses satellites puissent être observées convenablement. Mais, en comparant et discutant les résultats fournis par les observations faites lorsque Jupiter se trouve dans diverses positions intermédiaires entre la conjonction et l'opposition, on a pu suppléer aux observations relatives aux époques mêmes des conjonctions et des oppositions; et l'on est arrivé ainsi au résultat suivant. Supposons que l'on observe une éclipse d'un satellite au moment d'une opposition de Jupiter, puis une autre éclipse de ce satellite, au moment de la conjonction suivante, puis enfin une dernière éclipse de ce même satellite lorsque Jupiter sera revenu en opposition, avec la condition que le satellite ait fait le même nombre de tours autour de sa planète entre la 2^e et la 3^e observation qu'entre la 1^{re} et la 2^e. En raison de la régularité du mouvement du satellite, l'intervalle de temps compris entre les deux premières observations devrait être le même que celui qui est compris entre les deux dernières, si l'influence de la transmission successive de la lumière ne se faisait pas sentir; on trouve, au contraire, que le premier de ces intervalles de temps surpasse le second de 33^m 12^s. Si l'on a bien compris les explications qui ont été données, il n'y a qu'un instant, relativement aux irrégularités apparentes que la transmission successive de la lumière doit apporter dans l'observation des phénomènes, lorsque la distance qui nous sépare du lieu où ils se produisent varie périodiquement, on conclura tout de suite que l'excès de 33^m 12^s qui vient d'être indiqué est précisément le double du temps que la lumière emploie à parcourir le diamètre de l'orbite de la terre; car ce diamètre est bien la différence entre la plus grande et la plus petite distance de Jupiter à la terre. La lumière parcourt donc le diamètre de l'orbite terrestre en 16^m 36^s; et par suite elle met 8^m 18^s à nous venir du soleil. Si l'on se reporte à la valeur qui a été assignée à la distance moyenne du soleil à la terre, on verra que, pour que la lumière emploie 8^m 18^s à la parcourir, il

faut qu'elle ait une vitesse d'environ 75000 lieues (de 4 kilomètres) par seconde.

Nous avons vu que la découverte de la vitesse de la lumière par Rømer a conduit Bradley à l'explication du phénomène de l'aberration (§ 171). Les idées de Rømer, sur la transmission successive de la lumière, ne furent admises par les astronomes qu'après qu'elles eurent été confirmées par les travaux de Bradley. Récemment, M. Fizeau, en mesurant le temps qu'employait un rayon de lumière à aller de Suresnes à Montmartre (près Paris), puis à revenir de Montmartre à Suresnes, a trouvé pour la vitesse de la lumière une valeur un peu plus grande que celle que les observations astronomiques lui assignent. Foucault, par une expérience plus récente encore, a obtenu pour cette vitesse la valeur même que donnent les observations.

§ 283. M. Cornu vient, tout récemment, de reprendre les expériences de M. Fizeau sur la détermination de la vitesse de la lumière. Le principe de la méthode est le suivant: A travers la denture d'une roue dentée mise en mouvement, on envoie un faisceau de lumière qui va se réfléchir à une station suffisamment éloignée de la première. Le point lumineux qui en résulte au retour des rayons paraît fixe, malgré les interruptions du faisceau, grâce à la persistance des impressions de la rétine. L'expérience consiste à chercher la vitesse de la roue dentée qui éteint cette espèce d'écho lumineux. L'extinction a lieu lorsque, dans le temps nécessaire à la lumière pour parcourir le double de la distance des stations, la roue a substitué le *plein* d'une dent à l'intervalle de deux dents qui livrait au départ le passage à la lumière.

Les deux stations choisies par M. Cornu ont été établies sur la terrasse supérieure de l'observatoire de Paris et sur le sommet de la tour de Montlhéry, distantes d'environ 23 kilomètres. Le mécanisme de la roue dentée permettait d'imprimer à celle-ci des vitesses dépassant 1600 tours par seconde; le chronographe et l'enregistreur électriques assuraient la mesure du temps au millième de seconde.

Les expériences de M. Cornu ont été faites de nuit, à l'aide de la lumière Drummond; elles ont donné comme résultat définitif, pour la vitesse de la lumière dans le vide:

$$V = 300\ 400 \text{ kilomètres,}$$

par seconde de temps moyen, avec une erreur probable inférieure à 1 millième en valeur relative.

§ 284. Détermination de la parallaxe du soleil, par les passages de Vénus. — Lorsque nous nous sommes occupé de la distance

comprise entre le soleil et la terre (§ 150), nous avons dit que la parallaxe du soleil n'avait pu être obtenue avec quelque précision qu'au moyen d'observations faites au moment des passages de Vénus sur le soleil. Nous sommes en mesure maintenant de faire comprendre le principe de la méthode que l'on a suivie pour cela.

Les lois du mouvement des planètes autour du soleil, telles que les a données Képler, ont été établies sans que l'on ait eu besoin de connaître la distance du soleil à la terre. Les rapports qui existent entre les distances des planètes au soleil et la distance du soleil à la terre, ont dû seuls entrer en considération dans l'établissement de ces lois; ces rapports sont complètement déterminés par les circonstances que présente le mouvement des planètes sur la sphère céleste, ainsi que nous l'avons vu (§ 264). On peut dire que l'on connaissait la figure de l'ensemble du système planétaire, sans en connaître les dimensions absolues; en attribuant arbitrairement telle grandeur que l'on aurait voulu à l'une des dimensions du système, c'est-à-dire à la distance d'une quelconque des planètes au soleil, on aurait pu en conclure la grandeur de toutes les autres dimensions. On se trouvait dans le même cas que si l'on connaissait tous les angles d'un réseau de triangles, sans connaître aucun des côtés qui en font partie: dès que, à la connaissance des angles, on parviendrait à joindre celle de la longueur d'un des côtés, toutes les dimensions du réseau seraient entièrement déterminées par là (§ 106). La recherche de la parallaxe du soleil, qui devait faire connaître la distance du soleil à la terre, n'était donc autre chose que la mesure d'une base destinée à compléter les notions que l'on avait déjà acquises relativement aux dimensions du système planétaire.

Au moment du passage de la planète Vénus devant le soleil, sur le disque duquel elle se projette comme un petit cercle noir, on peut connaître exactement le rapport des distances de Vénus et de la terre au soleil, d'après la position que chacune de ces deux planètes occupe sur son orbite elliptique. Supposons que ce rapport soit égal à 0,73 (il ne diffère jamais beaucoup de 0,72, qui est le rapport des demi-grands axes de deux orbites). Admettons, pour simplifier, que deux observateurs soient placés précisément aux deux extrémités A, B (fig. 326) d'un diamètre de la terre dirigé perpendiculairement au plan de l'écliptique; réduisons par la pensée la planète Vénus à un seul point V, qui sera son centre de figure; et remplaçons la surface arrondie de la partie antérieure du soleil par un simple disque plat se présentant de face du côté de la terre. Les deux observateurs ne

verront pas Vénus se projeter au même point du disque du soleil: pendant que le premier verra la planète en *a*, le second la verra en *b*. Or, les deux triangles ABV, *ab*V sont semblables; le rapport de *ab* à AB est donc le même que celui de *a*V à AV, et par conséquent aussi le même que celui de VS à VT. Mais V

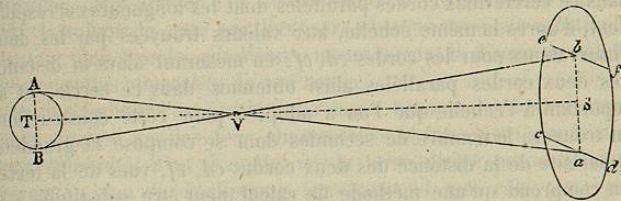


FIG. 326.

est les 0,73 de TS; VT est donc les 0,27 de TS; en sorte que le rapport de VS à VT est égal à $\frac{73}{27}$, ou bien à 2,7. Le rapport de *ab* à AB est donc aussi égal à 2,7. Si, de la terre, on parvient à mesurer l'angle sous lequel on voit la distance *ab*, il suffira de diviser cet angle par 2,7 pour avoir la grandeur apparente de la ligne AB vue à la distance du soleil à la terre, c'est-à-dire précisément le diamètre apparent de la terre vu du soleil; la moitié du résultat ainsi obtenu sera la parallaxe horizontale du soleil. Voyons donc comment on parviendra à mesurer l'angle sous-tendu par la distance *ab*.

L'observateur placé en A voit Vénus parcourir une corde *cd* du disque du soleil; l'observateur placé en B voit de même la planète parcourir une autre corde *ef* de ce disque. Ces deux cordes peuvent être regardées comme dirigées parallèlement au plan de l'écliptique; et, par conséquent, la ligne *ab*, qui est perpendiculaire à ce plan, mesure la distance qui les sépare. Si l'on trouve la position exacte que chacune des deux cordes occupe sur le disque du soleil, on en conclura sans peine la distance comprise entre elles. Or, on sait quelle est la vitesse relative de Vénus par rapport au soleil, au moment de l'observation, d'après les tables qui représentent les mouvements apparents des deux astres; on peut d'ailleurs mesurer, de chacun des deux points A et B, le temps que la planète emploie à traverser le disque du soleil: on en déduit immédiatement les grandeurs des cordes qu'elle a décrites sur le disque, pour chacun des deux observateurs. En comparant ensuite les grandeurs apparentes ainsi obtenues pour ces deux cordes, avec le diamètre apparent du soleil correspon-

dant au moment de l'observation, on trouvera la position de chacune d'elles par rapport au centre du disque, et par suite la distance qui les sépare. On pourra, par exemple, tracer un cercle dont le diamètre soit en rapport avec le diamètre apparent du soleil, d'après une échelle choisie à volonté : on inscrira dans ce cercle deux cordes parallèles dont les longueurs correspondent, d'après la même échelle, aux valeurs trouvées par les deux observateurs pour les cordes *cd*, *ef*; en mesurant alors la distance des deux cordes parallèles ainsi obtenues dans ce cercle, et se reportant à l'échelle que l'on a adoptée pour cette construction, on trouvera le nombre de secondes dont se compose la grandeur apparente de la distance des deux cordes *cd*, *ef*, vues de la terre. On comprend qu'une méthode de calcul peut être substituée à la construction graphique que nous venons d'indiquer, et qu'elle conduira à des résultats plus précis.

Les deux cordes *cd*, *ef*, sont loin d'avoir entre elles une distance aussi grande, par rapport au diamètre du soleil, que la figure 326 l'indique. Nous savons que la parallaxe du soleil a été trouvée de $8'',86$; le diamètre apparent de la terre, vue du soleil, est donc de $17'',72$; et par conséquent la grandeur apparente de la distance des cordes *cd*, *ef*, vue de la terre, n'est guère que les $\frac{3}{4}$ d'une minute, ou environ $\frac{1}{12}$ du diamètre du soleil. On comprend alors que la position de ces deux cordes, qui sont généralement toutes deux d'un même côté du centre du disque du soleil, mais qui se trouvent tantôt près, tantôt loin de ce centre, doit avoir une grande influence sur l'exactitude des résultats que l'on déduit de l'observation. Lorsqu'une corde, inscrite dans un cercle, se trouve très-rapprochée du centre de ce cercle, elle est presque dirigée à angle droit sur les parties de la circonférence auxquelles elle aboutit; il en résulte que le plus léger changement dans la longueur de la corde augmente ou diminue d'une manière notable la distance qui la sépare du centre du cercle. Lorsqu'au contraire la corde est à une distance du centre presque égale au rayon, elle fait des angles très-aigus avec les parties de la circonférence où elle se termine, et un petit changement dans sa longueur ne fait varier sa distance du centre du cercle que d'une quantité insignifiante. On voit donc que si, lors de l'observation d'un passage de Vénus, la planète traverse le disque du soleil en passant près de son centre, les erreurs que l'on commet dans l'évaluation des longueurs des cordes *cd*, *ef*, et qu'il est impossible d'éviter complètement, peuvent altérer la distance de ces deux cordes d'une quantité très-notable; tandis que, si Vénus traverse le disque du soleil en res-

tant toujours à une assez grande distance de son centre, les mêmes erreurs n'auront qu'une influence extrêmement faible sur la distance des deux cordes que la planète aura semblé décrire, suivant qu'elle était vue du point A ou du point B. Les passages de Vénus sur le disque du soleil ne sont donc pas tous également bons à observer, pour arriver à la détermination de la parallaxe du soleil : la valeur de cette parallaxe sera obtenue avec une exactitude d'autant plus grande, que Vénus, en traversant le disque du soleil, se sera moins approchée de son centre.

Pour simplifier l'explication que nous venons de donner, nous avons supposé que les deux observateurs se trouvaient placés aux deux extrémités d'un diamètre de la terre dirigé perpendiculairement au plan de l'écliptique. On comprend que cela n'est pas indispensable. Si les deux lieux d'observation étaient tellement choisis, que la corde du globe terrestre dont ils forment les extrémités fût perpendiculaire au plan de l'écliptique, les résultats des observations faites dans ces deux lieux conduiraient tout aussi facilement à la détermination de la parallaxe du soleil. Au lieu de déduire des observations la grandeur apparente du diamètre de la terre vue du soleil, on en déduirait la grandeur apparente de la corde dont il s'agit, vue également du soleil; la connaissance du rapport qui existe entre le rayon de la terre et la longueur de cette corde permettrait alors de trouver immédiatement la grandeur apparente du rayon de la terre vue du soleil, c'est-à-dire ce que nous appelons la parallaxe de cet astre. Nous pouvons même ajouter qu'il n'est pas nécessaire que les deux lieux d'observation soient les extrémités d'une corde du globe terrestre dirigée perpendiculairement au plan de l'écliptique; ces lieux peuvent être pris d'une manière tout à fait arbitraire sur la surface de la terre, et la comparaison des durées qu'on y aura trouvées pour le passage de Vénus sur le disque du soleil permettra encore de déterminer la parallaxe de ce dernier astre. La seule condition à laquelle le choix de ces lieux d'observation doit satisfaire, c'est que leur position soit telle, que les cordes suivant lesquelles on y verra Vénus traverser le disque du soleil ne soient pas trop rapprochées l'une de l'autre. On peut d'ailleurs faire l'observation du passage de la planète dans plus de deux lieux : la combinaison des divers résultats permettra d'obtenir la parallaxe du soleil avec une plus grande exactitude.

Nous avons encore supposé que la planète Vénus se réduisait à un seul point, et nous savons qu'il n'en est pas ainsi; lors de ses passages sur le disque du soleil, elle se montre sous forme d'un

cercle noir dont le diamètre apparent est d'environ une minute. Mais il est facile de voir que les raisonnements qui ont été faits en réduisant la planète à un point, peuvent s'appliquer en toute rigueur à son centre, à la condition de diminuer le rayon apparent du disque du soleil d'une quantité égale au rayon apparent de Vénus. On obtient ainsi, pour le soleil, un disque idéal, plus petit que le disque réel et concentrique avec lui; le centre de Vénus se trouve sur le contour de ce disque idéal, à l'instant même où le contour de la planète est tangent intérieurement à la circonférence du disque réel du soleil. L'observation des instants précis auxquels commence et finit le passage du centre de Vénus sur le disque idéal dont il s'agit peut donc se faire avec une grande précision : et par conséquent on pourra en déduire la parallaxe du soleil, conformément à ce que nous avons dit précédemment.

L'idée de faire servir l'observation des passages de Vénus à la détermination de la parallaxe du soleil, est de Halley. Depuis l'époque à laquelle il appela l'attention des astronomes sur ce genre d'observation (en 1677), le phénomène du passage de Vénus ne s'est produit que trois fois, en 1761, en 1769 et en 1874. En 1761 et 1769, plusieurs astronomes se disséminèrent sur la surface de la terre, et se rendirent dans les divers lieux d'où ils jugèrent qu'il était le plus convenable d'observer le passage de Vénus, pour arriver à une détermination précise de la parallaxe du soleil. Les observations faites en 1761 ne conduisirent qu'à des résultats peu satisfaisants; mais celles de 1769, au contraire, permirent d'atteindre une grande exactitude dans l'évaluation de la parallaxe du soleil. Pour que l'on puisse se faire une idée du degré de précision avec lequel cette parallaxe a pu être déduite des observations de 1769, il suffit de dire que la différence des durées du passage obtenues à Otaïiti, dans la mer du Sud, et à Cajanebourg, dans la Laponie suédoise, s'est élevée à plus d'un quart d'heure; et que cette différence de durées, que l'on a pu connaître à quelques secondes près, est le principal élément de la détermination de la distance des deux cordes *cd*, *ef* (fig. 326), d'où la parallaxe du soleil peut ensuite se déduire par des moyens susceptibles d'une grande exactitude.

On ne saurait trop admirer la méthode ingénieuse dont nous venons d'essayer de faire comprendre le principe. Il s'agit, en définitive, d'arriver à la détermination d'un angle de $8''{,}86$. Mais les moyens ordinaires, pour la mesure des angles, ne sont pas suffisants pour y parvenir; ces moyens, qui réussissent bien

quand il s'agit de trouver la parallaxe de la lune (§ 203), dont la valeur est d'environ $1''$, donneraient à peine une approximation des plus grossières de la valeur de la parallaxe du soleil : la valeur qu'ils fourniraient pourrait très-bien n'être que la moitié de la vraie valeur de cette parallaxe. La méthode imaginée par Halley consiste à remplacer la mesure directe de la parallaxe du soleil, par celle d'un phénomène qui dépende entièrement de cette parallaxe, et dont l'amplitude soit beaucoup plus facile à mesurer : elle substitue l'évaluation d'une durée qui surpasse un quart d'heure à la mesure d'un angle de quelques secondes. On peut comparer cette méthode à celle que l'on suit pour mesurer la longueur d'une ligne excessivement petite, et qui consiste à agrandir considérablement cette longueur par l'emploi d'un microscope d'un fort grossissement, à la comparer ainsi agrandie à une règle divisée en millimètres, et à diviser ensuite le nombre de millimètres auquel elle correspond par le nombre qui représente le grossissement du microscope.

§ 285. Les résultats de l'expédition de 1769 furent cependant moins précis qu'on ne l'avait cru; les astronomes hésitaient entre les résultats obtenus, pour la parallaxe du soleil, par Latande ($8''{,}5$) et par Euler et Hornsby ($8''{,}8$). Il restait encore sur la valeur de la parallaxe du soleil une incertitude de près de $\frac{1}{10}$ de seconde. Mais il fallait se résigner à se contenter de cette approximation pendant bien longtemps, puisqu'il devait s'écouler plus d'un siècle avant qu'il se produisît un nouveau passage de Vénus sur le soleil.

Un nouveau passage de Vénus vient d'avoir lieu, en décembre 1874; la France avait organisé six expéditions : la première à Pékin, sous la direction de M. Fleuriais, lieutenant de vaisseau, assisté de MM. Blarez et Lapied; la seconde à Yokohama, sous la direction de M. Janssen, assisté de MM. Tisserand et Picard; la troisième à Saïgon, sous la direction de M. Héraud, ingénieur-hydrographe. Les trois autres expéditions ont dû se rendre dans l'hémisphère austral : à l'île Campbell, sous la direction de M. Bouquet de la Grye, assisté de MM. Hatt, Courrejolles et Filhol; à l'île Saint-Paul, sous la direction de M. Mouchez, assisté de MM. Cazin, Turquet et Delisle; à Nouméa, sous la direction de M. André, assisté de M. Angot.

Le temps n'a pas également favorisé tous les missionnaires français. A Nouméa, on a observé dans de bonnes conditions le premier contact interne et pris 240 photographies parmi lesquelles 100 sont certainement bonnes et se prêteront facilement aux mesures.