

Petite histoire de la parallaxe du Soleil

3

Pour conclure cette petite histoire, - car en la prolongeant, nous lasserions nos lecteurs -, il faudra souvent schématiser ou taire les remarques présentées sur ce sujet par de très nombreux astronomes. Rares sont ceux qui n'ont pas été préoccupés par cette mesure qui donne l'unité astronomique de distance.

Laplace :

==== De façon purement théorique, Laplace réussit à calculer le mouvement de la Lune à moins de 30" près. Dans cette théorie apparaissent des termes qui traduisent la variation de l'apogée de la Lune et le mouvement des noeuds ; or ces termes dépendent de l'aplatissement de la Terre. Réciproquement, il est donc possible de déduire cet aplatissement de l'observation de l'apogée de la Lune et du déplacement des noeuds. Le résultat trouvé par Laplace, $1/305$ est en bon accord avec celui trouvé par Bouguer et La Condamine après leur expédition géodésique au Pérou. Voilà qui conforte Laplace dans la valeur de sa théorie de la Lune.

Un autre terme, dans cette théorie, un terme dont l'importance dans certains calculs dépasse 2', dépend du rapport des distances à la Terre du Soleil et de la Lune (ce terme est appelé "l'inégalité parallactique" puisqu'il dépend de la parallaxe du Soleil). En opérant encore de façon réciproque, à partir de l'observation de la Lune Laplace trouve donc une valeur de la parallaxe du Soleil ; il annonce 8",6 en bon accord avec les mesures obtenues à la suite des lointaines expéditions pour observer les passages de Vénus.

Dans son célèbre ouvrage "Exposition du système du monde", Laplace était donc en droit d'écrire : "Il est très remarquable qu'un astronome, sans quitter son observatoire, simplement en comparant ses observations avec les résultats de son analyse a pu être capable de déterminer avec précision l'importance de l'aplatissement de la Terre et sa distance au Soleil et à la Lune, éléments de notre connaissance qui avaient été le fruit de longs et fatigants voyages dans les deux hémisphères. L'accord entre les deux méthodes est une des preuves les plus frappantes de la gravitation universelle."

Le progrès des calculs

==== En astrométrie, le XIX^{ème} siècle est marqué par le progrès dans les méthodes de calcul. Et cela grâce aux efforts conjugués des astronomes et des mathématiciens dont la collaboration ne fut jamais aussi étroite.

Rappelons-nous, dit Pannekoek, que Tycho Brahé parvenait à totaliser des différences d'ascension droite en trouvant 360° (ou 24 h) à quelques secondes d'arc près alors que chaque différence n'était mesurée qu'à la minute d'arc près : heureuse, miraculeuse compensation des erreurs ! Au XVII^{ème} siècle, des

savants comme Huygens ou Picard préféraient les moyennes arithmétiques de plusieurs mesures au choix d'un couple de mesures considérées comme "les meilleures". Les lois du hasard n'étaient pas ignorées de Huygens ou de Halley mais c'est seulement après les travaux de Laplace et de Gauss sur la théorie des erreurs et en particulier la formulation de la loi des moindres carrés que la pratique des calculs se modifie radicalement en astronomie. En posant la condition que la somme des carrés des écarts par rapport aux résultats d'observation soit minimale, la valeur la plus probable de la quantité mesurée est déterminée. A l'appréciation de la valeur "la meilleure" est substituée le calcul de la valeur "la plus probable".

Johann Franz Encke (1791-1865), astronome à Gotha (on cultivait les sciences à Gotha alors que, tout près, à Weimarn, Goethe s'intéressait aux couleurs et au théâtre) appliqua la nouvelle méthode de calcul aux observations des passages de Vénus. Il disposait des mesures faites à Hudon Bay, Tahiti, Pékin et Orenburg. En 1835, il donne son résultat pour la parallaxe du Soleil :

$$p = 8",57116 \pm 0",0371$$

(Nous écririons plutôt $8",57 \pm 0",04$ car si la deuxième décimale est incertaine, les suivantes sont sans signification).

La valeur donnée par Encke a été considérée comme bonne pendant cinquante ans. Avec un rayon de la Terre évalué à 6 377 km, la valeur correspondante de l'unité astronomique est $153,3 \times 10^6$ km et pour le rayon du Soleil 714 000 km.

Avec un certain progrès de l'instruction générale se développe alors la vulgarisation scientifique. Pour illustrer les résultats précédents, un écrivain populaire allemand imagine qu'un coup de canon soit tiré à partir de la surface du Soleil ; si le son pouvait nous être transmis, il ne nous parviendrait que vingt-cinq ans après. L'exercice est à reprendre avec nos élèves à partir des données actuelles pour l'unité astronomique, la vitesse de la lumière et par exemple, la vitesse moyenne du vent solaire.

Après Encke

===== L'assurance de Encke que la mesure de la parallaxe était bonne à 1/200 près fut ébranlée par de nombreux résultats dus au perfectionnement de la mécanique céleste. Dans les inégalités de la Lune, nous avons cité plus haut l'inégalité parallactique qui atteint 125". Vers les années 1860, Andrea Hansen (1795-1874), dans sa théorie de la Lune, en déduit la parallaxe du Soleil : 8",92 alors qu'à la même époque Le Verrier déduit cette parallaxe des actions perturbatrices de Vénus et de Mars ce qui lui donne 8",95.

En 1849, Fizeau mesure la vitesse de la lumière par la méthode de la roue dentée. Foucault par la méthode du miroir tournant opère en 1862. On se met ainsi d'accord sur la valeur 298 000 km/s sensiblement plus petite que celle donnée par Otto Struve à partir de sa mesure de la constante de l'aberration soit 308 000 km/s.

En 1862, l'opposition périhélique de Mars est l'occasion de nombreuses mesures réalisées à partir d'observatoires variés. Les calculs de Encke sont repris et corrigés. Toutes les mesures obtenues par des méthodes différentes convergent pour écarter l'évaluation de Encke et s'orientent vers une valeur comprise entre 8",80 et 8",90.

On pense alors à faire de nouvelles observations lors des passages de Vénus sur le disque solaire le 8 décembre 1874 et le 6 décembre 1882. Des efforts considérables sont développés par des expéditions allemandes et anglaises pour des résultats plutôt décevants. Mesurer la position d'un objet (Vénus en la circonstance) sur le fond éblouissant du Soleil, alors que l'air est chauffé et agité par les rayons du Soleil, ce sont les pires conditions pour faire des mesures de précision. Les valeurs trouvées vont ainsi 8",76 (Airy) à 8",88 ± 0",04 (Auwers).

En mars 1877, l'observation d'une opposition périhélique de Mars depuis l'Ecosse et depuis l'île d'Asuncion fournit à Gill la valeur 8",78.

Toutes ces mesures sont intéressantes et sérieusement effectuées mais le faisceau des résultats n'est pas convaincant. Il faut trouver une autre méthode. L'idée avait été avancée par Galle dès 1872 que l'observation d'une petite planète, au lieu de Mars, donnerait de meilleurs résultats. Un astéroïde donne en effet une image quasi ponctuelle. Suivant cette idée le même astronome écossais Gill multiplia les mesures en observant trois astéroïdes Iris, Victoria et Sapho en 1888 et 1889. A cette époque, ces astéroïdes s'approchaient de la Terre à 0,83 unité astronomique. Ce qui lui donna pour la parallaxe 8",802.

A la même époque, la mesure de la vitesse de la lumière par Michelson et Newcomb leur donnait $c = 299\ 860 \pm 60$ km/s à 1/500 près. En prenant $20",47 \pm 0",02$ pour la constante de l'aberration, on en déduit la parallaxe 8",80 à un centième de seconde d'arc près.

A la fin du XIXème siècle, on en était là et de nouveaux progrès dans la mesure paraissaient difficiles.

La victoire d'Eros

==== En 1898, Gustav Witt à Berlin avait découvert l'astéroïde n°433 qui fut baptisé Eros (j'ignore pour quelle raison, je suggère que Witt avait la nostalgie de Picadilly Circus). Or il se trouve que l'orbite d'Eros a une particularité intéressante : si elle se trouve comprise comme celles de tous les astéroïdes entre les orbites de Mars et de Jupiter (le fameux et étrange 2,8 de la loi de Bode), le périhélie de l'orbite d'Eros est intérieur à l'orbite de Mars. Le calcul montra qu'à son opposition de 1900-1901, Eros s'approcherait ainsi à 0,27 unité astronomique de la Terre et, encore mieux, à 0,17 u-a à son opposition de 1930-31.

+ La campagne de 1901 fournit à Hinks la parallaxe 8",807 ± 0",003 par des procédés photographiques et 8",806 ± 0",004

par des mesures visuelles.

On n'abandonnait pas pour autant les autres méthodes. Les spectres des étoiles situées dans le plan de l'écliptique montraient des déplacements périodiques de leurs raies par effet Doppler-Fizeau dû au mouvement de la Terre autour du Soleil. En exploitant ce phénomène, Hough donne en 1921 $8'',802$ pour la parallaxe.

Spencer Jones, au Cap, reprend la méthode de l'inégalité parallactique de la Lune qu'il évalue à $125'',20$ d'où la parallaxe de $8'',805$. De Sitter, à Leyde, à partir d'une discussion fouillée des valeurs des constantes astronomiques trouve $8'',803 \pm 0'',001$. Mais en 1929, Spencer Jones reprend son évaluation de l'inégalité parallactique, $125'',02 \pm 0'',033$ cette fois ce qui lui donne la parallaxe $8'',796 \pm 0'',002$.

Le dernier mot, pour le moment, revient pourtant à Eros et à Spencer Jones qui, après la campagne de 1931 et dix années de travail sur les résultats des mesures donne la valeur annoncée au début de ce feuilleton :

$$p = 8'',790 \pm 0'',001$$

°°°

Rappelons-nous le début de cette histoire. Pour Aristarque, $p = 3'$, le Soleil est donc alors à 24 secondes de lumière de la Terre. Pour nous, après Spencer Jones, à un peu plus de 8 minutes exactement 499,004 782 secondes de temps. Comme dans bien d'autres chapitres de l'astronomie, l'histoire nous a appris que l'Univers est plus vaste que ce qu'on croyait d'abord. Il y a aussi dans cette longue histoire une illustration de l'amour des décimales. J'ai cité beaucoup de noms, je suis certain d'en avoir oubliés. Le temps n'est plus où un seul savant prestigieux donnait son nom à un système (Copernic) ou à une loi (Newton). L'astronomie moderne est une cathédrale en construction à laquelle mille artisans connus ou inconnus apportent leur pierre. La parallaxe du Soleil est une des statues du portail ; j'y vois un sourire comme celui de Reims qui signifie ici "cherchez, cherchez, courez après la troisième décimale, je sourirai toujours car après la troisième ..."

K.Mizar

Eléments de bibliographie

=====

- Laplace : Exposition du système du Monde.
- Pannoenck : A History of Astronomy (éd Allen and Unwin).
- Paul Couderc : Les étapes de l'astronomie (Que sais-je ? n°165)
- Lalande : Astronomie (éd 1771)
- Encyclopédie Scientifique de l'Univers, tome II, les étoiles, le système solaire (éd Gauthier-Villars)
- André Danjon : Astronomie Générale (éd Blanchard).