

À LA RECHERCHE DE LA PARALLAXE SOLAIRE (9/11)

Éros enflamme les astronomes

Le 13 août 1898, l'astronome Gustav Witt découvre à Berlin une de ces petites planètes qualifiées de «télescopiques», car d'éclat trop faible pour être vue à l'œil nu. Il s'agit de l'astéroïde connu aujourd'hui sous le nom de 433 Éros. La même nuit, mais à l'Observatoire de Nice, la petite planète est également observée par l'astronome Auguste Charlois qui cependant n'en fera pas l'annonce publique. Cette petite planète allait bientôt enflammer l'enthousiasme des astronomes pour deux raisons : la première tient dans son orbite fortement excentrique ($e = 0,222$) qui fait d'Éros le corps pouvant alors se rapprocher au plus près de la Terre ; la seconde résulte dans sa forte variation d'éclat lorsque Éros fait un tour entier sur lui-même en 5h 16min. Theodor von Oppolzer découvre ainsi en 1901 que la petite planète peut perdre durant sa rotation jusqu'à 75% de sa lumière (1,5 magnitude dans le jargon des astronomes). Plus intrigant encore : la variation de la variation de son éclat. En effet, intensivement observé, l'éclat de la petite planète varie de façon capricieuse ; cette variation est tantôt insignifiante tantôt impressionnante. On finit par comprendre que cela tenait à sa forme très allongée et à la position dans l'espace de son axe rotation vis-à-vis de la Terre. Son survol en 2000 par la sonde spatiale NEAR (*Near Earth Asteroid Rendezvous*) révéla une géométrie complexe et très allongée (Fig.1).



Fig. 1 : L'astéroïde 433 Éros : Forme synthétique reconstituée à partir des images prises par la sonde NEAR en 2000.

Mais revenons au sujet qui nous intéresse, la parallaxe solaire. Éros était l'objet céleste pouvant se rapprocher au plus près de la Terre, à une distance minimum de 0,15 ua (22 millions de km), soit trois fois plus près que ne peut le faire Mars. De plus, l'aspect télescopique d'Éros est quasi-ponctuel, à la différence de Mars qui présente un petit disque apparent ; les positions d'Éros peuvent donc être mesurées avec beaucoup plus de précision. Éros constitue donc *le* candidat idéal pour une triangulation de sa position dans l'espace à partir de la Terre, c'est-à-dire pour une détermination de sa parallaxe trigonométrique (voir LI #101). Pour en conclure la parallaxe solaire, il suffit d'exprimer la distance mesurée en kilomètres de la Terre à la petite planète en unités astronomiques, telle que la mécanique céleste nous la fournit à partir de la troisième loi de Kepler. Toutefois ces rapprochements serrés ne peuvent se produire qu'au voisinage d'une opposition périhélique (Fig. 2). Il faut pour cela qu'Éros se trouve très près de son propre périhélie (point de son orbite le plus proche du Soleil), qui a une longitude héliocentrique de 122° , et que la Terre n'en soit pas éloignée également. Ceci ne peut se produire que lorsque la Terre passe par cette même longitude, ce qui a lieu le 22 janvier de chaque année. Toutefois, ces grandes oppositions périhéliques de la planète Éros sont rares, elles se reproduisent tous les 40 ans environ (plus précisément en 1931, 1975, 2012 et 2056).

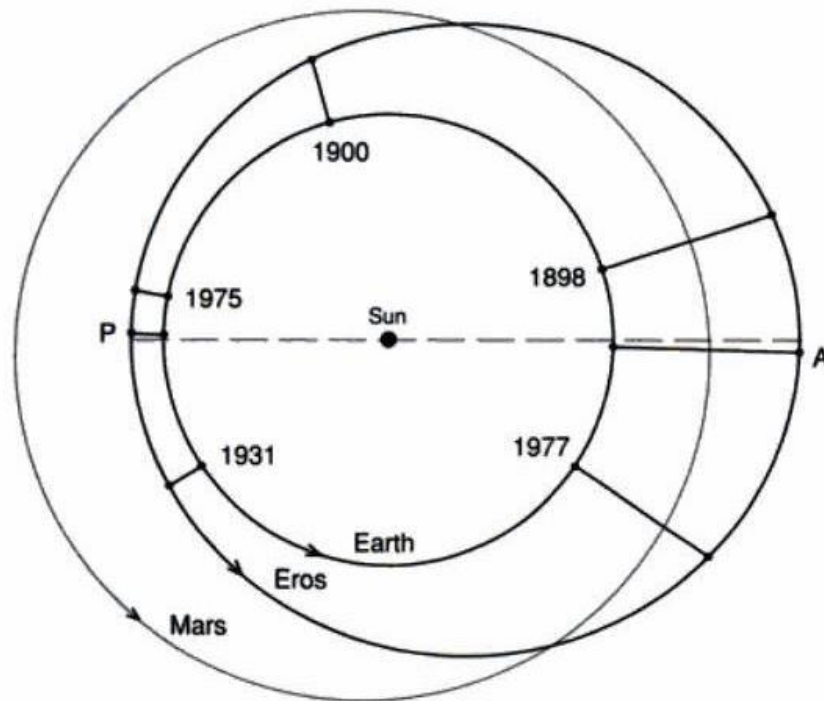


Fig.2 : Orbites de la Terre, d'Éros et de Mars. Les positions indiquent les lieux sur leurs orbites respectives d'Éros et de la Terre lors de sa découverte (1898) et des grandes campagnes internationales d'observations (1900, 1931 et 1975).

La première campagne d'observations intensives est déclenchée durant l'hiver 1900-01 dont le résultat fut une parallaxe solaire de $8.806 \pm 0.004''$ conclue par Arthur Hinks en 1910. Mais une opposition encore plus favorable se profilait déjà à l'horizon, celle de l'hiver 1930-31. Sous les auspices de la jeune Union astronomique internationale (UAI) vingt-trois observatoires se mobilisent pour réaliser par moins de 2847 clichés de la planète avançant au beau milieu d'étoiles de repère. À nouveau, Il faudra 10 ans pour en venir à bout, et ce n'est qu'en 1941 que Spencer Jones annonce le résultat final : $8.790 \pm 0.001''$, ce qui donnait pour l'unité astronomique une valeur de $149\,674\,000 \pm 17\,000$ km.

Cependant, lors de ses oppositions périhéliques, l'orbite de la planète 433 Éros subit de fortes perturbations. Ces perturbations planétaires contribuent au mouvement complexe d'Éros. Elles proviennent bien sûr du système Terre-Lune mais également des planètes, en particulier Mars, Vénus et Jupiter. L'observation des positions d'Éros peut donc permettre d'améliorer encore son orbite, et par conséquent de déterminer la parallaxe solaire. C'est la méthode dynamique. En effet, l'observation d'Éros donne la valeur du rapport entre la masse du Soleil et celle du système Terre-Lune. Or, de ce rapport, la parallaxe solaire exprimée en secondes de degré se déduit automatiquement au moyen de la formule suivante dans laquelle $T+L$ est la masse du système Terre-Lune et S la masse du Soleil :

$$\pi_0 = 607,037602'' \sqrt[3]{\frac{T+L}{S}}$$

Les premières valeurs de la parallaxe solaire obtenues par la méthode dynamique proviennent d'Edzard Noteboom en 1921 avec $8.7989 \pm 0.0009''$, puis Eugène Rabe en 1950 avec **$8.79835 \pm 0.00039''$** par une discussion de l'ensemble des observations de position recueillies de 1926 à 1945. Le rapport entre la masse du Soleil et celle du système Terre-Lune est de $1/328\,452 \pm 43$.

La détermination trigonométrique de Spencer Jones en 1941 était devenue le standard jusqu'à la détermination dynamique de Rabe en 1950. Au vu de la précision nominale fournie par les deux auteurs, la valeur de Rabe était à privilégier. On pensa alors que la détermination trigonométrique de Spencer devait être affectée par des erreurs systématiques et non simplement par des erreurs accidentelles ou aléatoires. Cependant, cela ne pouvait expliquer un tel écart entre les deux déterminations : la différence des valeurs trouvées atteint quatre fois la somme de leurs erreurs probables ! Les deux valeurs sont donc irréconciliables. Qui de Jones ou de Rabe a raison ?

Vers la fin des années soixante la question sera tranchée grâce à des observations d'un nouveau genre que nous évoquerons dans le prochain épisode. Rabe était bien davantage dans l'erreur que ne l'était Jones. Ces valeurs divergentes ont nécessité de nombreux travaux pour tenter d'en comprendre l'origine et les réconcilier. Finalement, Jay Lieske en 1968, à partir des observations de position d'Éros effectuées entre 1893 et 1966 (8639 observations faites en 85 observatoires), recalculera la parallaxe solaire par la méthode dynamique pour aboutir à une valeur de **$8.79402 \pm 0.00012''$** , faisant l'unité astronomique égale à $149\,600\,400 \pm 800$ km avec un rapport de la masse du système Terre-Lune rapportée à celle du Soleil de $1/328\,915 \pm 4$. La détermination de Lieske est le meilleur résultat jamais obtenu par la méthode dynamique.

Les rapprochements serrés de la petite planète sont de nos jours des opportunités éducatives mis à profit pour renouveler le calcul de la parallaxe solaire par la méthode trigonométrique (i.e. par triangulation). Le retour d'Éros au plus près de la Terre en janvier 2012 (0,15 ua) a donné lieu à une vaste campagne internationale. Bien que le prochain rapprochement serré (opposition périhélique) ne se produise qu'en 2056 (0,15 ua), signalons toutefois - pour ceux qui ne pourront attendre jusque-là - le rapprochement de 2019 (0,21 ua) digne de considération également.