

# Mesure de distance, la quête de la parallaxe

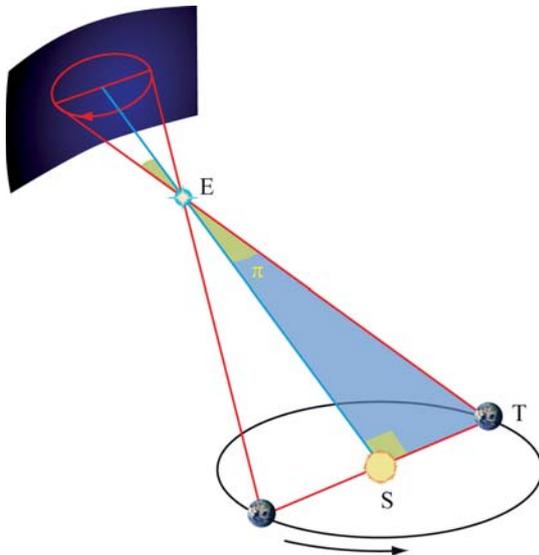
Marc Goutaudier  
Palais de la découverte

*J'étais engagé dans une série d'observations sur la parallaxe des étoiles fixes, lorsque mon attention fut attirée par une étoile qui semblait plus étendue que celles qui l'entouraient.*

En 1781, Herschel découvrait la planète Uranus. Comme beaucoup d'astronomes avant lui puis après lui, il s'était mis en tête de mesurer un insaisissable déplacement annuel qui devait en théorie affecter toutes les étoiles.

Cette quête épique prend sa source en 1543. Copernic, dans l'exposé de son système héliocentrique, propose de mettre la Terre en mouvement. Si comme il l'affirme, elle tourne autour du Soleil, les astronomes devraient détecter dans le ciel le " reflet " de cette révolution terrestre.

L'argument de Copernic pour justifier l'absence de parallaxe dans les observations était d'affirmer que les étoiles étaient trop éloignées pour qu'on puisse mesurer un si infime déplacement. Tycho Brahe, sans conteste le plus fin



## Mesure de la parallaxe

En théorie, alors que la Terre (T) effectue un tour complet autour du Soleil (S), une étoile (E) décrit sur la voûte céleste une ellipse dont le demi grand-axe est vu sous un petit angle  $p$ , nommé parallaxe. Comme on le voit dans le triangle rectangle TSE,

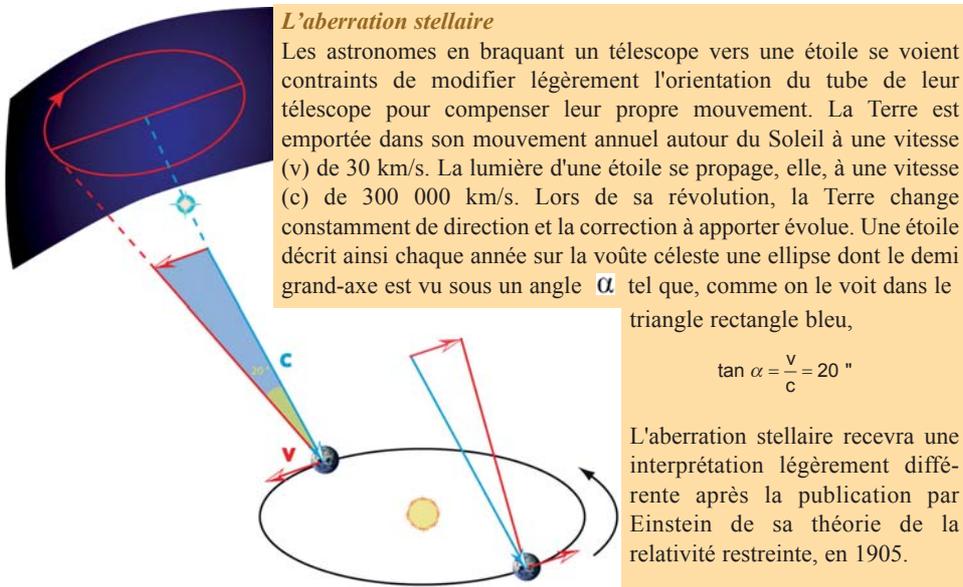
$$\tan \pi = \frac{ST}{SE}$$

La parallaxe est d'autant plus petite que petite que l'étoile est éloignée et la mesurée permet d'en connaître la distance si l'on connaît la distance Terre-Soleil. En pratique, étant données les distances phénoménales qui nous séparent des étoiles (même les plus proches), il faut être capable de mesurer un angle minuscule, toujours inférieur à la seconde d'arc.

observateur de la seconde moitié du XVI<sup>e</sup> siècle, balaie cette hypothèse. Il estime que les plus brillantes des étoiles sont vues sous un angle d'une minute d'arc. S'il est impossible d'en déceler la parallaxe cela revient à leur accorder au minimum des dimensions comparables à la distance Terre-Soleil ! Ce fait paraissant inconcevable, il faut se résoudre à l'idée d'une immobilité de la Terre. L'observation du ciel au travers de lunettes au début du XVII<sup>e</sup> rendra caduque cette objection en révélant les limites d'une observation à l'œil nu du ciel.

Au cours du XVII<sup>e</sup> siècle, le géocentrisme vacille. Les astronomes rejoignent progressivement le camp copernicien. Les plus habiles d'entre eux se dotent d'instruments toujours plus précis et recherchent minutieusement la preuve physique de leur conviction : la parallaxe. Mais leur démarche reste vaine et il leur faut reconnaître que les distances qui nous séparent des étoiles surpassent celles à portée de leurs instruments. En 1687, leur appétit est aiguisé par les lois de la mécanique et celles de la gravitation universelle, énoncées par Newton, qui confirment que la Terre est bel et bien en mouvement. C'est d'ailleurs sous l'impulsion de Newton, et pour des raisons étrangères à notre affaire, que le premier astronome royal de l'observatoire de Greenwich, Flamsteed, étudie en 1689 une série d'observations faites sur l'étoile polaire. Elle révèle un écart imprévu et systématique de 40 secondes d'arc entre ses positions des mois de juin et de décembre. *Je pris conscience que cela ne pouvait provenir que de la parallaxe.* Flamsteed y voit naturellement l'effet tant recherché. Mais les critiques se font jour. Roemer et Cassini montrent que si parallaxe il y avait, elle se ferait principalement sentir en mars et en septembre. Dépité et en manque d'argument, Flamsteed ne peut que s'en remettre aux erreurs instrumentales.

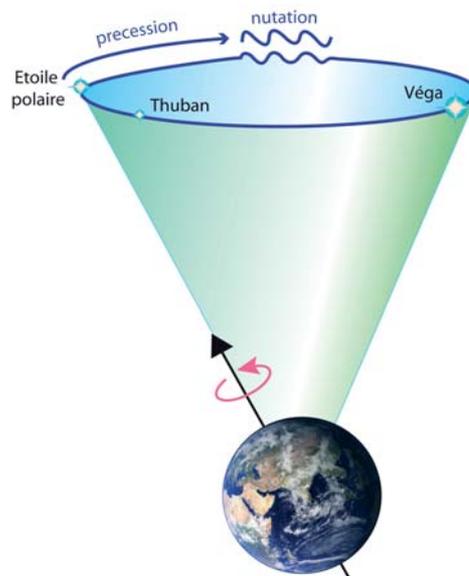
Résignation malencontreuse car en 1726, Molyneux constate des écarts similaires sur l'étoile  $\gamma$  Draconis. Bradley reprend le flambeau, étend l'étude à un grand nombre d'étoiles et montre qu'elles semblent toutes affectées par les mêmes errances. Comme dans le cas des observations de Flamsteed, un décalage de six mois est constaté avec l'effet parallactique. En 1728, il apporte une explication à ce phénomène. Roemer avait montré quelques décennies avant le caractère fini de la vitesse de la lumière. Lors de sa révolution autour du Soleil, la Terre possède, elle-même, une vitesse. Bien que nettement plus faible, elle se combine dans nos observations à celle de la lumière et nous amène à voir les étoiles dans des directions différentes de celle attendue. Ce phénomène, nommé aberration stellaire, est similaire à celui observé par temps de pluie. La pluie tombe verticalement, une personne s'en protégeant devra en fonction de sa vitesse incliner son parapluie vers l'avant, et ce, d'autant plus qu'elle se déplace rapidement.



Contre toute attente, l'aberration stellaire constitue donc la première preuve physique du mouvement de notre planète. La quête de la parallaxe perd de sa superbe mais la traque ne s'arrête pas pour autant. Bradley poursuit son étude et, 20 ans plus tard, met en évidence une autre irrégularité dans le mouvement des étoiles. Un mouvement périodique de 18,6 ans et de 9 secondes d'arc qu'il relie au mouvement de la Lune. (voir encadré ci-dessous)

#### Mouvements de la Terre

Depuis l'Antiquité, un mouvement d'ensemble de la voûte céleste, nommé précession, avait été mis en évidence. Ce n'est que bien plus tard qu'il reçut une interprétation physique. La Terre n'est pas parfaitement sphérique. Le Soleil et la Lune agissent sur son renflement équatorial et amènent son axe de rotation à changer lentement de direction et à décrire en 25 800 ans un cône, dit de précession. Actuellement l'axe pointe près de l'étoile polaire. L'orbite lunaire étant, de plus, inclinée sur le plan Soleil-Terre, elle engendre un mouvement oscillatoire de 18,6 ans. C'est ce dernier phénomène, appelé nutation, que Bradley mit en évidence.



Au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, les astronomes devaient donc tenir compte d'une multitude de corrections avant d'espérer entrevoir les effets propres à la distance d'une étoile. Il leur fallait prendre en considération précession, nutation, aberration mais aussi les effets liés à la réfraction atmosphérique et au mouvement propre d'une étoile. Jusque là, ils s'étaient attachés à mesurer l'évolution des coordonnées absolues d'une étoile. Herschel est l'un des premiers à prôner une méthode différentielle qui consiste à suivre et mesurer les errances d'une étoile rapportée à ses proches voisines. Ces dernières, d'un éclat bien plus faible, sont supposées lointaines, de mouvement propre et de parallaxe négligeables. La dérive relative de la première ne serait alors due qu'aux seuls effets de son mouvement propre et de sa parallaxe. Il sélectionne plusieurs centaines de couples. Vingt années s'écoulent et Herschel doit renoncer. Il démontre que nombre de ces couples sont liés physiquement et constituent des systèmes binaires d'étoiles tournant les unes autour des autres.

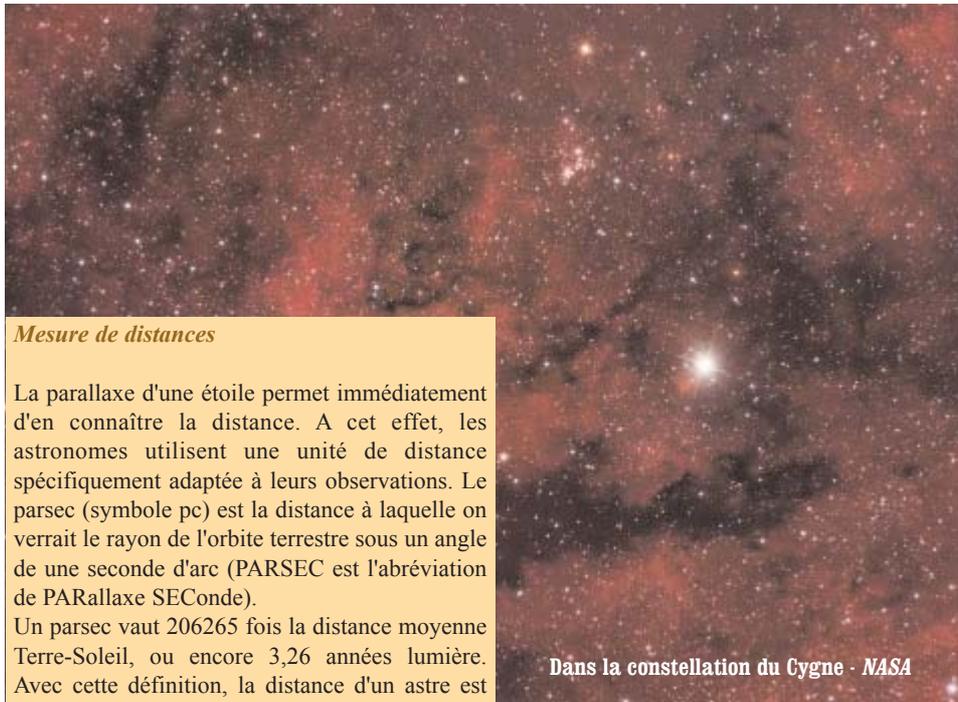
Les conséquences de cette découverte sont considérables. L'universalité de la gravitation newtonienne prend désormais tout son sens. En ce qui nous concerne, deux étoiles d'un couple étant à une même distance de nous, leur forte différence d'éclat montre que certaines étoiles peuvent dans la réalité s'avérer bien plus brillantes que d'autres. Qu'en conséquence, le simple éclat apparent d'une étoile ne peut, à lui seul, constituer un critère de proximité.

Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, les télescopes, bien qu'utilisés par Herschel, ne connaissent pas encore leur heure de gloire. Leur miroir se ternit rapidement et leur maniement s'avère délicat. Les plus précis des instruments sont des lunettes dont on sait désormais corriger les effets de l'aberration chromatique. L'école allemande excelle dans leur construction. Les observatoires s'équipent ainsi de lunettes sortant de ces ateliers. Si la parallaxe se dérobe encore, son temps est compté d'autant que tous les obstacles entravant sa détection ont été levés. Struve, à l'observatoire de Doprat, en Russie, jette son dévolu sur l'étoile brillante et de fort mouvement propre, Véga. En Allemagne, à l'observatoire de Königsberg, Bessel concentre quant à lui ses efforts sur un système binaire faible en éclat mais dont le mouvement propre exceptionnel et la forte séparation angulaire retiennent son attention. Ils choisissent tous les deux une méthode différentielle, avec des étoiles repères assez lointaines pour s'assurer qu'elles ne sont pas liées physiquement. En 1837, Struve publie ses résultats, il attribue à l'étoile Véga une parallaxe de  $0,125'' \pm 0,055''$ . Cependant ses observations comptent moins d'une vingtaine de mesures qui sont mal distribuées dans l'année. Ces résultats demandent donc confirmation. Une seconde série d'observations l'amènera d'ailleurs à rehausser son estimation à  $0,262'' \pm 0,025''$ . La valeur exacte étant de  $0,125''$  ! Bessel, quant à lui plus prudent, accumule les observations et de façon

bien plus régulière. Bien qu'à la limite des possibilités de son instrument, la qualité de ses mesures et le soin dans leurs interprétations ne laissent pas de place au doute. Il montre d'une façon implacable que l'étoile 61 Cygni est affectée d'un mouvement parallactique de  $0,313'' \pm 0,02''$ . Son étude, publiée en 1839, lui attire immédiatement les faveurs de ses pairs. La valeur retenue aujourd'hui est sensiblement plus faible  $0,286''$ .

La quête de la parallaxe constitua ainsi un véritable moteur dans la recherche en astronomie. Après quasiment trois siècles d'effort, Bessel est le premier à la mettre en évidence. Il n'en demeure pas moins que les travaux infructueux des astronomes qui s'étaient attachés au problème ont bien souvent été largement récompensés par d'immenses découvertes.

M.G.



*Mesure de distances*

La parallaxe d'une étoile permet immédiatement d'en connaître la distance. A cet effet, les astronomes utilisent une unité de distance spécifiquement adaptée à leurs observations. Le parsec (symbole pc) est la distance à laquelle on verrait le rayon de l'orbite terrestre sous un angle de une seconde d'arc (PARSEC est l'abréviation de PARallaxe SEconde).

Un parsec vaut 206265 fois la distance moyenne Terre-Soleil, ou encore 3,26 années lumière. Avec cette définition, la distance d'un astre est l'inverse de sa parallaxe exprimée en seconde d'arc.

L'étoile 61 Cygni se trouve donc à une distance

$$d = \frac{1}{0,286} \approx 3,5 \text{ pc, soit } 11,4 \text{ années lumière.}$$

C'est l'une de nos plus proches voisines.

Dans la constellation du Cygne - NASA

**Pour en savoir (un peu) plus**

*F. Mignard, La recherche de la parallaxe des étoiles de Copernic à Bessel, Cahiers du Séminaire d'Epistémologie et d'Histoire des Sciences-Université de Nice 1982, no13-14, pp. 1-42*