

pauvres en étoiles. Pendant plus d'un siècle, les chercheurs discuteront âprement de leur éloignement réel et de leur nature sans parvenir à une conclusion satisfaisante. Au début du xx^e siècle, le débat atteint une telle intensité qu'en 1920, l'Académie des sciences américaine organise à Washington un grand débat entre Harlow Shapley (1885-1972), qui soutient que la Voie lactée constitue l'ensemble de l'Univers, et Heber Doust Curtis (1872-1942), qui défend la théorie du «monde insulaire», selon lequel les nébuleuses spirales sont des systèmes stellaires indépendants dans un Univers infiniment plus vaste.

De part et d'autre, les arguments sont convaincants, aussi la question reste-t-elle ouverte. Quelques années plus tard, l'astronome américain Edwin Hubble (1889-1953) apporte des éléments en faveur de la théorie du monde insulaire : grâce au nouveau télescope de 2,5 mètres du mont Wilson, il distingue des étoiles individualisées dans une nébuleuse proche, démontrant ainsi l'existence de galaxies hors de la Voie lactée.

Ce débat sur le statut des nébuleuses se réduisait à deux questions qui, en fait, sont liées : quel est l'éloignement de

ces étoiles lointaines ? Quelle est la taille de l'Univers ? Si l'on avait réussi alors à mesurer directement, par la parallaxe, l'éloignement de ces nuages d'étoiles, on aurait eu la réponse. Hélas, les étoiles sont trop éloignées pour que cette mesure soit possible. Aujourd'hui encore, la détermination de l'éloignement des corps célestes reste l'une des principales difficultés de l'astronomie.

Dès les années 1600, les astronomes émettent l'hypothèse que le Soleil est une étoile fixe : la différence de luminosité entre les étoiles et le Soleil tient uniquement, pensent-ils, à la différence de leur éloignement par rapport à la Terre. Toutefois, il faudra attendre que l'on puisse mesurer directement les distances interstellaires pour confirmer cette hypothèse. En l'absence de mesures directes, les astronomes s'efforcèrent de trouver des méthodes indirectes, la plus importante étant la détermination photométrique de la distance, fondée sur des mesures de brillance.

On estime aisément la distance d'un objet céleste à condition de faire une hypothèse sur sa brillance : l'intensité lumineuse apparente d'une étoile observée sur Terre diminue en fonction du carré de la distance à l'observateur. Cette

relation simple permet la détermination de nombreuses distances astronomiques, et les distances mesurées aujourd'hui reposent sur cette méthode.

LA MÉTHODE DE HUYGENS

Christiaan Huygens (1629-1695) est le premier à appliquer aux étoiles la méthode de détermination photométrique des distances. Le naturaliste hollandais raisonne de la façon suivante : si l'on savait déterminer les brillances relatives de Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel, et celle du Soleil, le rapport de ces brillances apparentes permettrait d'en déduire les distances respectives des deux astres. Huygens fait l'hypothèse que les deux étoiles ont la même luminosité absolue et cherche à déterminer leurs brillances relatives. Il réussit à affaiblir la lumière émise par le Soleil de façon à n'obtenir qu'un point lumineux de la même brillance apparente que Sirius. Pour ce faire, dans son laboratoire de Paris, il perce un minuscule trou d'épingle dans un disque de laiton disposé dans une chambre noire, et y fait passer la lumière du Soleil. Comme l'affaiblissement n'est pas suffisant, il dispose derrière le trou une bille de verre qui absorbe la lumière.



Hipparque dans son observatoire d'Alexandrie : sur cette représentation, la lunette astronomique découverte à la fin du xvi^e siècle est anachronique ; en revanche, les Grecs utilisaient bien les sphères armillaires (à gauche). En l'an -260, Aristarque de Samos estima, par un raisonnement géométrique simple, que le Soleil devait être beaucoup

plus éloigné de la Terre que ne l'était la Lune, et qu'il devait être beaucoup plus gros. Il trouva que la distance de la Terre à la Lune est égale à 59 fois le rayon de la Terre. En réalité, la valeur de la distance entre la Terre et la Lune oscille entre 55,9 et 63,8 fois le rayon de la Terre, parce que la trajectoire du satellite de la Terre est elliptique.

Huygens détermine ainsi que la distance qui sépare Sirius de la Terre est plus de 28 000 fois supérieure à celle de la Terre au Soleil. Aujourd'hui, on sait que cette distance est proche de 600 000 fois la distance Terre-Soleil, car la brillance de Sirius est notablement supérieure à celle du Soleil.

La méthode de la parallaxe évite de telles erreurs. Cependant, la parallaxe est d'autant plus réduite que l'objet observé est éloigné (elle est inversement proportionnelle à l'éloignement). Huygens calcule que les étoiles sont au moins 10 000 fois plus éloignées de la Terre que les planètes du Système solaire, ce qui signifie que la précision des mesures doit être 10 000 fois meilleure que celle permise à la fin du XVII^e siècle, ce qui semble alors irréalisable.

L'ingénieur Tycho Brahe a l'idée, à la fin du XVI^e siècle, d'observer le même corps céleste, toujours du même endroit, mais à des saisons différentes. Il utilise alors comme longueur de référence, non plus le diamètre de la Terre, mais celui de son orbite autour du Soleil, 20 000 fois plus grande (cette longueur de référence passe de 13 000 kilomètres à 300 millions de kilomètres). Pourtant, malgré la précision (extrême pour l'époque) de ses mesures, Tycho Brahe

ne peut évaluer aucun déplacement de parallaxe des étoiles, ce qui le conduit à réfuter la représentation de Copernic de la Terre tournant autour du Soleil. Il aurait dû conclure de cet échec que les étoiles sont situées à des milliers de fois la distance Terre-Soleil, et que l'Univers est «immensément» grand.

Au XVII^e siècle et au XVIII^e, de nombreux astronomes tentent de mesurer la parallaxe d'étoiles fixes, parfois sans succès, bien que la précision des lunettes d'observation ne cesse d'être améliorée. Pour que les parallaxes soient importantes, ils choisissent les étoiles les plus brillantes ou celles dont la position par rapport aux autres étoiles avait changé en 100 ans : l'une et l'autre de ces propriétés indiquaient qu'il s'agissait d'étoiles proches. Au début du XIX^e siècle, plusieurs astronomes prétendent avoir réussi à mesurer des parallaxes, affirmations rapidement démenties.

En 1838, l'astronome et mathématicien allemand Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) soutient que la seule conclusion que l'on puisse tirer des tentatives de mesure de la parallaxe des étoiles fixes, c'est que ces valeurs sont infimes, inatteignables par les méthodes d'observation à disposition. En d'autres termes, toutes les étoiles observées

jusqu'alors avaient vraisemblablement des parallaxes bien inférieures à une seconde d'arc, et se trouvaient sans doute à une distance plus de 200 000 fois supérieure à celle de la Terre au Soleil. On en déduisit que la mesure de la parallaxe de Sirius faite par Huygens (sept secondes d'arc) était fausse.

LA PATIENCE DE BESSEL

Bessel semble près de renoncer, frustré par plus de 20 années d'efforts infructueux, quand, enfin, il rapporte la première mesure réussie de la parallaxe d'une étoile fixe. Pour ce faire, il avait choisi l'étoile double 61 de la constellation du Cygne, dont la position au firmament change de cinq secondes d'arc par an, ce qui semblait faire de cette étoile l'une des plus proches du Soleil.

Durant 98 nuits claires, en 1837 et 1838, Bessel détermine les différences angulaires entre l'étoile double 61 et deux étoiles proches peu brillantes (certainement beaucoup plus éloignées du Soleil), avec la précision inégalée jusqu'alors de 0,13 seconde d'arc. Si le professeur de Königsberg passa de nombreuses nuits inconfortables, l'œil rivé à son télescope, sa patience fut récompensée : au mouvement, déjà connu, de l'étoile dans le firmament se superposait une petite variation, exactement celle que l'on attendait d'un effet de parallaxe. Bessel en déduisit une parallaxe de 0,314 seconde d'arc, ce qui correspondait à une distance de 10,4 années-lumière. Toute la communauté des astronomes applaudit ce progrès considérable.

Au milieu du XIX^e siècle, la méthode laborieuse de mesure de la parallaxe est un peu améliorée avec la lunette astronomique, mais la précision reste médiocre. Ce n'est qu'au début du XX^e siècle que la photographie fait réellement progresser la méthode. Le repérage des petites étoiles sur une plaque photographique est notablement plus simple et plus rapide que l'observation à l'œil nu avec une lunette. En 1935, on disposait déjà de 4 000 mesures de parallaxe déterminées par des photographies. En 1991, la récolte était de 8 000, avec une précision toujours meilleure.

Pourtant, ce n'était pas encore satisfaisant, car la valeur de la plupart des mesures de parallaxe étaient à peine supérieures à l'erreur de mesure (environ un centième de seconde d'arc) : on ne peut déduire l'éloignement d'une étoile à partir de la parallaxe – à un facteur deux près – que lorsque l'erreur moyenne de la mesure est inférieure à 20 pour cent de la valeur absolue. En 1991, ce critère d'exactitude n'était satisfait que par 1 800 des 8 000 étoiles dont la parallaxe avait



Friedrich Wilhelm Bessel fut le premier, en 1838, à déterminer la parallaxe d'une étoile et, par conséquent, sa distance à la Terre ; il s'agissait de l'étoile double 61 de la constellation du Cygne. Sa distance a été déterminée à nouveau par le satellite HIPPARCOS : elle est égale à 11,4 années-lumière, et cette étoile double se déplace de 1,5 degré au firmament, en l'espace d'un millénaire (flèches sur la carte stellaire ci-dessus), valeur qui correspond à trois fois le diamètre de la Lune.