

# ARPEINTER L'UNIVERS

Jauger l'Univers, s'en faire une représentation spatiale, est la clé de l'histoire cosmique, même si nos sens ne nous donnent pas accès à la troisième dimension : la distance. Mais il faut connaître la distance d'un astre pour évaluer ses dimensions, son éclat réel, sa dynamique et son évolution.

## La voûte céleste

Portion du ciel observée depuis le site du VLT au Chili, ou comment des étoiles situées à des distances très différentes constituent néanmoins la voûte céleste.

Mesurer l'éloignement de la Lune et du Soleil a été l'un des objectifs essentiels de l'astronomie. En 1751, Lalande et Lacaille mesurent la distance de la Lune par la méthode de la parallaxe. La distance Terre-Lune est aujourd'hui connue avec une précision de quelques millimètres grâce aux tirs laser effectués depuis la Terre sur des réflecteurs déposés à la surface de notre satellite. La distance moyenne Terre-Soleil, sur laquelle l'unité astronomique (UA) était historiquement basée, est mesurée aujourd'hui avec une précision de quelques dizaines de kilomètres. Les mesures des distances planétaires, menées d'abord par la méthode de la parallaxe, utilisent des techniques d'échos radar, analogues aux tirs par faisceaux laser vers la Lune. La précision atteinte est de l'ordre de quelques kilomètres.

Les étoiles les plus proches se situent à des distances incomparablement plus grandes que les confins du Système solaire. La méthode de la parallaxe utilisant comme base l'orbite de la Terre et mise en œuvre au moyen du satellite européen Hipparcos, a permis d'obtenir les distances de plus de deux millions d'étoiles. La plus proche, Proxima du Centaure, a une parallaxe de 0,769 seconde d'arc, soit une distance de trente huit mille milliards de kilomètres. Plutôt que les unités classiques de distance, les astronomes préfèrent l'année-lumière (a.l) ou le parsec (pc). Dans ces unités, la distance de Proxima du Centaure vaut 4,243 a.l ou 1,301 pc.

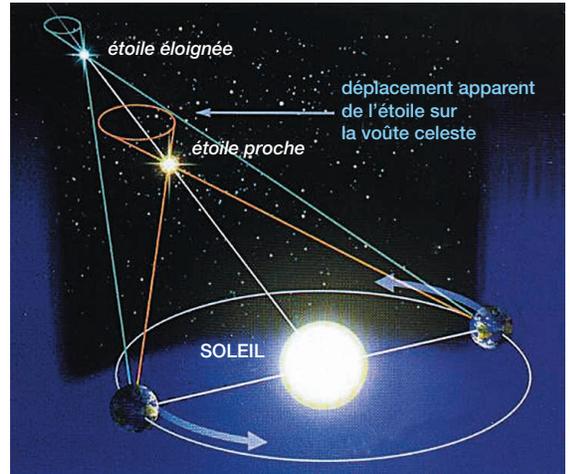
Au-delà de quelques centaines de parsecs, la méthode de la parallaxe n'est plus assez précise et les astronomes ont recours à d'autres techniques. La plus utilisée est la méthode dite de la chandelle standard. Elle tient au fait



que l'éclat d'un objet lumineux est inversement proportionnel au carré de sa distance. On peut donc déterminer la distance d'une étoile en comparant son éclat apparent à celui d'une étoile référence de même type dont on connaît la distance par la méthode de la parallaxe et partant, son éclat absolu.

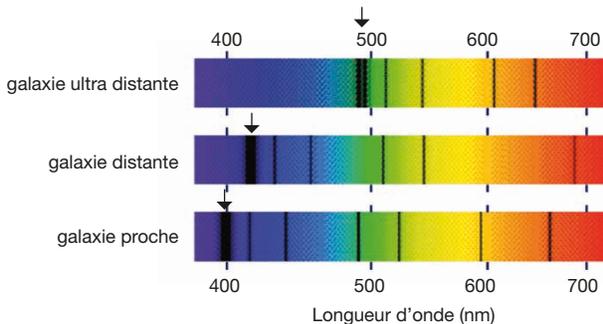
À l'échelle des espaces intergalactiques lointains, les chandelles se faisant rares (à l'exception des supernovæ thermonucléaires), les astronomes préfèrent s'en remettre au décalage vers le rouge, le glissement vers les grandes longueurs d'onde de l'ensemble du spectre qu'ils observent dans les galaxies lointaines. Comme Hubble l'a montré en 1929 en découvrant l'expansion de l'Univers, ce décalage augmente avec la distance telle que mesurée par la méthode de la chandelle standard.

L'erreur sur la distance Terre-Soleil altère la mesure de distance des étoiles par la méthode de la parallaxe. Les incertitudes de cette dernière technique se répercutent ensuite sur la mesure de distance des étoiles étalons, faussant ainsi la méthode de la chandelle standard qui elle-même altère celle du décalage vers le rouge. En empilant ainsi les méthodes, plus on sonde loin dans l'Univers, plus augmente l'erreur (l'intervalle de confiance) associée à ces distances, sans oublier les incertitudes tenant à une connaissance souvent imparfaite des processus physiques mis en œuvre.



### Méthode de la parallaxe

Une étoile, observée de deux points opposés de l'orbite terrestre (donc à six mois d'intervalle) semble se déplacer légèrement par rapport au fond des étoiles qui constituent la voûte céleste. On appelle parallaxe le demi-angle qui sous-tend ce petit déplacement apparent. Comme on connaît le diamètre de l'orbite terrestre (299 millions de km), la mesure de la parallaxe permet de calculer la distance de l'étoile.



### Décalage vers le rouge

Du bas vers le haut, spectre de galaxies de plus en plus distantes. Le décalage vers le rouge des raies d'absorption que l'on observe dans les galaxies lointaines permet d'estimer leur distance dans le cadre de la théorie de l'expansion de l'Univers.