



Les nouveaux très grands télescopes et la recherche des galaxies primordiales

Lucette Bottinelli

L'aptitude des télescopes Keck à détecter des astres très faibles vient d'être illustrée au printemps 1998, par la découverte des galaxies les plus lointaines connues à ce jour, qui sont dans une phase embryonnaire et constituent ce que l'on appelle des "galaxies primordiales"

La période des années 1975-1980 avait vu la mise en service de la nouvelle génération des grands télescopes de la classe des 4 m (et aussi celle du plus grand de ces télescopes avec une ouverture de 6 m, dans le Caucase). Depuis 1992, nous sommes entrés dans une nouvelle ère, celle de la mise en service de télescopes de la classe des 10 m ; et d'ici une décennie, il y aura dans le monde, une douzaine de télescopes ayant un miroir principal de diamètre de l'ordre de 8 à 10 m. L'Europe est partie prenante de ces développements grâce à l'Observatoire Européen Austral (ESO pour : "European Southern Observatory") qui est engagé dans la construction du VLT ("Very Large Telescope") dont la première unité (un télescope d'ouverture 8,2 m) a été mise en opération à la fin mai 1998.

Les télescopes Keck : une mosaïque géante

Les miroirs principaux des télescopes des années 1975-1980 étaient des monolithes, à une exception près ; en effet, le télescope dit "MMT" (pour : "Multi Mirror telescope") du Mont Hopkins en Arizona, avait un miroir primaire constitué de 6 segments distincts de diamètre 1,80 m chacun, équivalent à un miroir unique de 4,5 m de diamètre. Ce concept original d'une mosaïque de petits miroirs pour reconstituer l'équivalent d'un grand miroir, avait déjà été imaginé par Lord Rosse vers 1850 au cours de ses recherches pour réaliser de grands miroirs (cf. les CC n° 81).

C'est cette solution de miroir segmenté qui a été retenue pour réaliser le premier très grand télescope d'ouverture 9,82 m de l'université de Californie, installé sur le site astronomique de Hawaï à 4150 m d'altitude.

La mise en service en 1992, de ce premier télescope, appelé "Keck I", du nom du donateur W.M. Keck qui a essentiellement financé cette réalisation, a été suivie en 1996 par celle d'un télescope jumeau (appelé le "Keck II"), localisé à environ 26 m du premier. Dans le futur, ces deux télescopes seront associés pour fonctionner en mode interférométrique et ils permettront alors d'obtenir une résolution angulaire spatiale équivalente à celle d'un miroir unique de diamètre 26 m (soit la séparation des deux miroirs).

La chasse aux astres faibles

Pour le moment, le bond en avant décisif permis par ces très grands télescopes est la possibilité de détecter des astres extrêmement peu brillants ; il peut s'agir en particulier d'astres intrinsèquement très faibles et proches comme des planètes autour d'étoiles proches, ou d'astres lumineux et très lointains comme les galaxies primordiales. En effet, la sensibilité est directement proportionnelle à la surface collectrice du télescope et celle-ci est proportionnelle au carré de l'ouverture ; ainsi un télescope "Keck" a une puissance collectrice supérieure d'environ 17 fois à celle du télescope spatial Hubble (HST) dont l'ouverture est de 2,4 m (le rapport $10 / 2,4$ au carré vaut environ 17). Par ailleurs, il faut noter que la résolution angulaire spatiale pour un télescope au sol est de fait limitée par la turbulence atmosphérique ; sur le site d'Hawaï, dans de bonnes conditions atmosphériques, cette résolution est typiquement de 0,5" soit environ 10 fois moins bonne que celle du HST. Cependant les développements en cours de l'optique adaptative devraient permettre de restituer la figure de diffraction des grands télescopes au sol.

Remonter dans le temps en observant de grands décalages spectraux

D'après la loi d'expansion de l'univers (loi de Hubble), plus une galaxie est lointaine, plus la lumière de son spectre est décalée vers les grandes longueurs d'onde. C'est la mesure du décalage de la position des raies dans le spectre qui fournit directement ce que l'on appelle le décalage spectral relatif noté z et qui est lié aux longueurs d'onde observées (λ_{obs}) et émises (λ_e) par la relation : $z = (\lambda_{\text{obs}} - \lambda_e) / \lambda_e$. De plus, z est déterminé par le rapport entre le facteur d'échelle de l'Univers à l'époque actuelle (R_0) et celui (R_e) à l'époque où la lumière a été émise par la galaxie, selon la relation : $1+z = R_0/R_e$. Jusqu'à récemment, les décalages les plus élevés observés se situaient entre $z = 4$ et 5 et concernaient les astres très lumineux que sont les quasars ; pour $z = 4$, on observe donc le quasar à une époque où l'univers était 5 fois plus condensé qu'à notre époque actuelle. Ainsi en observant des galaxies à des z de plus en plus élevés, on remonte dans l'histoire de l'univers et on observe des galaxies à des époques (caractérisées par R_e) de plus en plus reculées donc des galaxies de plus en plus jeunes dans leur évolution.

Quand l'ultraviolet s'observe dans l'infrarouge ...

Les observations récentes réalisées avec les télescopes Keck ont permis de franchir coup sur coup à six semaines d'intervalle, la barrière $z = 5$; il s'agit d'une part, d'une nouvelle galaxie très faible avec $z = 5,35$, découverte par hasard dans la constellation du Triangle lors d'une pause sur une galaxie lointaine, avec le spectrographe multifibres permettant

d'obtenir simultanément le spectre de 30 objets dans le champ étudié, et d'autre part d'une galaxie à $z = 5,64$ pour laquelle la recherche est ciblée sur la raie Lyman α de l'hydrogène ($\lambda_e = 121,6$ nm). Dans ce dernier cas, la raie $L\alpha$ est observée dans la partie infrarouge du spectre à $\lambda_{\text{obs}} = 807$ nm environ ; depuis que cette lumière a été émise l'Univers s'est dilaté d'un facteur 6,64.

La correspondance entre z et l'époque exprimée en années, en particulier la durée - appelée "âge de l'Univers" - qui s'est écoulée depuis le "big bang", dépend du modèle particulier d'Univers adopté et dans les cas simples dépend seulement des valeurs actuelles de la constante de Hubble et de la densité moyenne de l'Univers. Pour la galaxie précédente ($z = 5,64$), cela impliquerait que la galaxie est observée environ 800 millions d'années après le "big bang" à une date qui représente quelques pour cent de l'âge de l'Univers.

Il faut noter que les nouvelles possibilités des très grands télescopes ouvrent la voie à la détection d'une nombreuse population de galaxies faibles plus représentative que la seule population des monstres - population rare - que sont les quasars ou les radiogalaxies, par exemple. La technique actuelle permet d'envisager la détection de galaxies jusqu'à $z = 6,5$ et l'on sera donc en situation d'observer les phases initiales de la formation des galaxies et de contraindre significativement les modèles d'évolution de galaxies.

