
L'astronomie dans le monde

Upsilon Andromède

L'étoile upsilon de la constellation d'Andromède est entourée d'un cortège d'au moins trois planètes. Cette découverte, réalisée indépendamment par deux groupes d'astronomes américains, constitue un pas important dans l'étude des « exoplanètes ». Pour la première fois on a la preuve de l'existence d'un autre système solaire et non pas d'une planète unique. On pourra donc essayer de déduire des lois dans la distribution des masses et des distances et en tirer des conclusions sur la formation de ces mondes.

Sans doute faut-il tempérer notre enthousiasme. Ces planètes sont assez particulières et ce système solaire est encore bien différent du nôtre. Il ne faut cependant pas trop s'en étonner. Cela est dû à un effet de sélection observationnelle et le système observé n'est probablement guère représentatif. Les méthodes d'observation actuelles ne permettent de déceler que des planètes massives (les masses des trois astres sont d'au moins 0,7, 2 et 4,6 fois celle de Jupiter) et proches de leur soleil (les distances sont de 0,05, 0,83 et 2,5 unités astronomiques). Il y a donc peut-être une multitude de systèmes bien plus semblables au nôtre et qui n'attendent que le développement de nos moyens d'investigation pour être découverts. Les astronomes s'emploient d'ailleurs activement à mettre au point ces nouvelles techniques afin de régler cette question dans les années à venir.

La méthode utilisée par tous les groupes impliqués dans ce genre d'étude est de mesurer les variations infimes de la vitesse de l'étoile induites par le mouvement orbital des planètes. Plus la planète est massive et l'orbite serrée, plus l'étoile est perturbée, et plus la mesure est facile.

Des télescopes puissants, munis de spectroscopes à très haute résolution apportent une solution évidente, à condition de consacrer suffisamment de temps à ces programmes et d'assurer un suivi régulier. Ce dernier point va à l'encontre des usages actuels qui sont de n'accorder qu'un nombre restreint de nuits à des programmes qui sont assurés d'une rentabilité immédiate. (Eh oui! l'astronomie ne fait pas exception dans cette course à la rentabilité). Heureusement quelques groupes aux USA et en Europe ont pu se lancer dans ces projets de grande envergure, et parmi eux le groupe de l'observatoire de Genève, dirigé par Michel Mayor qui a découvert la première exoplanète en 1995.

Revenons au cas d'upsilon Andromède pour souligner la particularité de ce système. La première planète n'est située qu'à sept millions de kilomètres de l'étoile, beaucoup plus proche que Mercure ne l'est du Soleil. La température doit y atteindre des valeurs considérables. Comment des planètes géantes, obligatoirement gazeuses comme Jupiter, peuvent-elles s'être installées sur pareilles orbites?

Signalons pour terminer qu'un système encore plus étrange avait déjà été découvert en 1992. Il s'agissait en fait des toutes premières planètes extrasolaires. Mais, orbitant autour d'un pulsar et non autour d'une étoile ordinaire, les astronomes ont décidé de les considérer à part.

L'expansion de l'univers

Basé sur le Press Release
STScI PR99-19

Une équipe de scientifiques travaillant avec le Hubble Space Telescope a annoncé avoir mené à bien ses efforts pour déterminer la distance exacte de galaxies très lointaines, un élément capital pour évaluer l'âge, la taille et le destin de l'univers.

Avant le HST, on ne savait pas si l'univers était âgé de dix ou vingt milliards d'années. L'incertitude sur sa taille était si grande que les astronomes ne pouvaient pas répondre aux questions les plus essentielles sur son évolution. Maintenant, il en va autrement et la cosmologie peut enfin se baser sur des données précises.

Depuis 70 ans et la découverte par Edwin Hubble de la récession générale des galaxies en raison directe de leur distance, les astronomes ont cherché à déterminer la constante de proportionnalité de cette loi : la constante de Hubble. Au moment du lancement du Space Telescope, en 1990, les valeurs avancées allaient de 50 à 100 kilomètres par seconde et par mégaparsec, soit une incertitude d'un facteur deux. Le Space telescope a permis de ramener cette fourchette à une vingtaine de pour cent autour d'une moyenne de 70 km/sec/Mpc.

C'est grâce à l'observation précise de 18 galaxies jusqu'à une distance de 65 millions d'années lumière (20 mégaparsecs) que les astronomes du HST ont réalisé cette performance. Ils ont découvert et analysé 800 étoiles variables de la classe des céphéides. Ces variables ont un éclat bien connu, et on peut donc en déterminer directement la distance.

En combinant ces déterminations avec une estimation de la densité de l'univers, les astronomes ont calculé que l'âge de l'univers est de douze milliards d'années, soit approximativement le même âge que les étoiles les plus vieilles que l'on connaisse (des études antérieures avaient conduit au paradoxe d'un âge inférieur à celui de certaines étoiles).

Ce résultat suppose repose sur l'hypothèse que la densité de l'univers est en dessous de la valeur critique, celle qui marque la transition entre une expansion éternelle et une contraction vers un Big Crunch (voir figure ci-dessous).

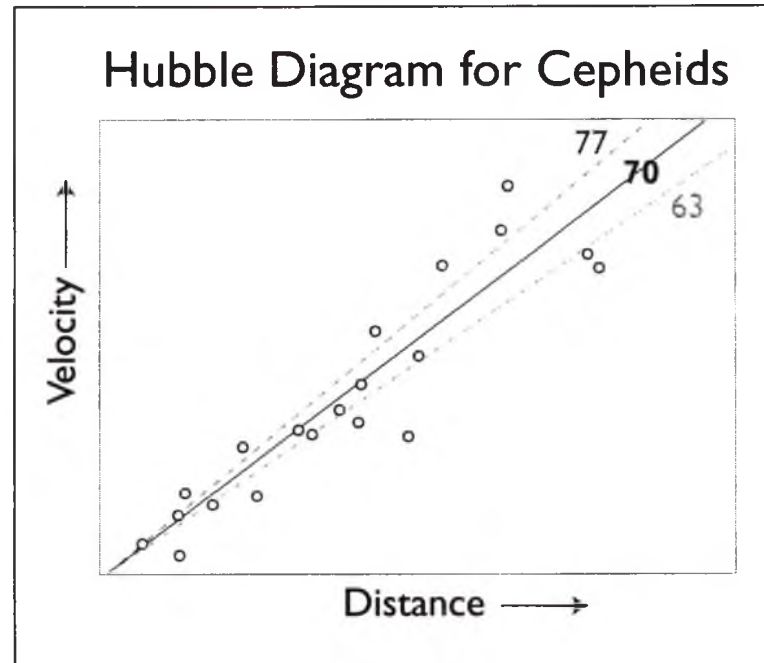
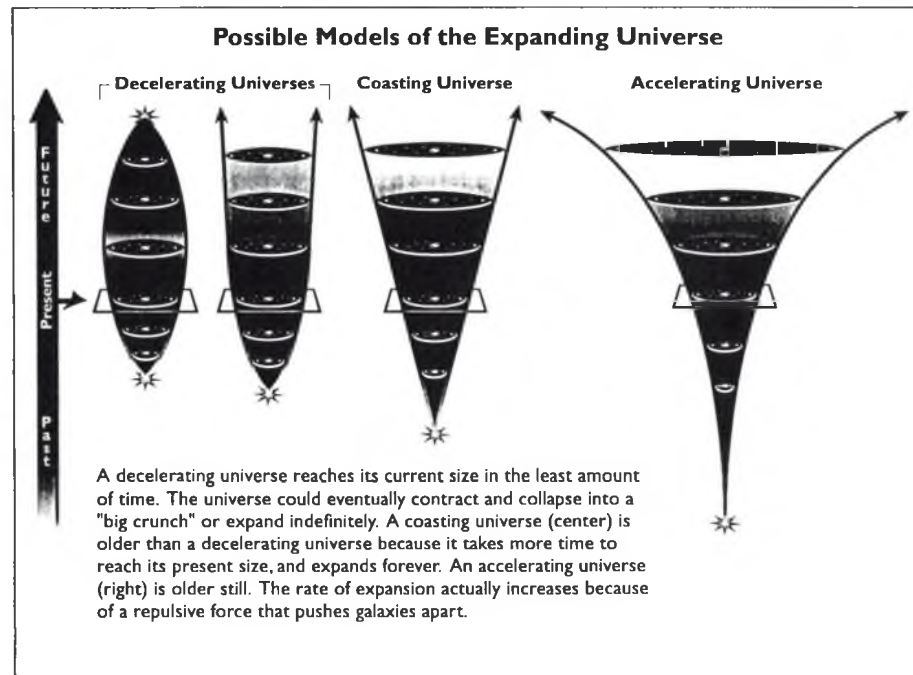


Diagramme de Hubble obtenu en mesurant la distance de céphéides extragalactiques. La constante de proportionnalité entre la vitesse et la distance est estimée à 70 ± 7 km/sec/Mpc.



Modèles possibles de l'expansion de l'univers. Si l'expansion est freinée (cas de gauche) l'univers met moins de temps pour atteindre l'état actuel que s'il est accéléré (à droite). Le cas critique où l'expansion n'est ni freinée ni accélérée (« coasting ») est intermédiaire.

Astéroïdes doubles

Il n'y a pas si longtemps que cela, personne n'aurait imaginé que les astéroïdes, ces petites planètes qui orbitent pour la plupart entre Mars et Jupiter, puissent avoir des satellites. Leur faible gravité semblait interdire ce genre de système, d'autant que l'encombrement des orbites ne devait pas favoriser des associations stables. Seul Hergé avait pensé à mettre le capitaine Haddock en orbite — éphémère — autour d'Adonis.

Aussi les premières indications de duplicité furent-elles reçues avec scepticisme. Elles provenaient de l'observation d'occultations lunaires. Le signal, au lieu de s'évanouir ou de réapparaître rapidement lorsque le bord lunaire se déplace devant l'astéroïde, semble parfois

effectuer une pause. Cela peut indiquer que l'objet est double — il y en fait deux occultations rapprochées — ou que l'enregistreur a des problèmes.

Les observations des variations d'éclat d'astéroïdes au cours de leur rotation sur eux-mêmes suggèrent parfois des éclipses. En général, on peut expliquer les variations par la forme irrégulière des astéroïdes que l'on voit tantôt de face ou de profil. Une texture non uniforme peut aussi influencer les courbes de lumière. Mais, dans certains cas, ces explications sont tout à fait insuffisantes et il faut faire intervenir un compagnon.

Les cratères d'impacts, sur Terre comme sur d'autres planètes, livrent aussi des indices : ils sont parfois couplés, comme si deux météorites ou astéroïdes voyageant de conserve en étaient

à l'origine.

Enfin, des formes curieuses, en haltères, ont été suggérées par les études radar de quelques astéroïdes s'étant suffisamment approchés de la Terre.

La preuve indiscutable de l'existence d'astéroïdes doubles vint évidemment avec la première image de l'astéroïde Ida, prise en 1993 par la sonde Galileo. On y voyait un petit satellite, nommé depuis Dactyl, tournant à une centaine de kilomètres d'Ida.

De nouvelles indications continuent de s'accumuler, comme la première image d'un astéroïde double obtenue depuis le sol. Des méthodes d'optique adaptative appliquées au télescope de 3m60 d'Hawaii ont permis de séparer l'image de l'astéroïde Eugenia de celle de son satellite orbitant à 1200 km de lui. Les deux astres mesurent respectivement 214 et 15 km de diamètre, ce qui en fait des objets tout à fait respectables.

Sursaut gamma vu par Antu

Le 23 janvier, l'expérience BATSE (Burst and Transient Source Experiment) du satellite gamma Compton décelait un nouveau sursaut gamma, GRB990123 (voir *Le Ciel*, février 1999). Quelques secondes plus tard, informé de cette découverte, le réseau de caméras ROTSE-I (Robotic Optical Transient Search Experiment) révélait pour la première fois le phénomène optique associé au sursaut gamma : une rapide augmentation d'éclat suivie d'un déclin progressif.

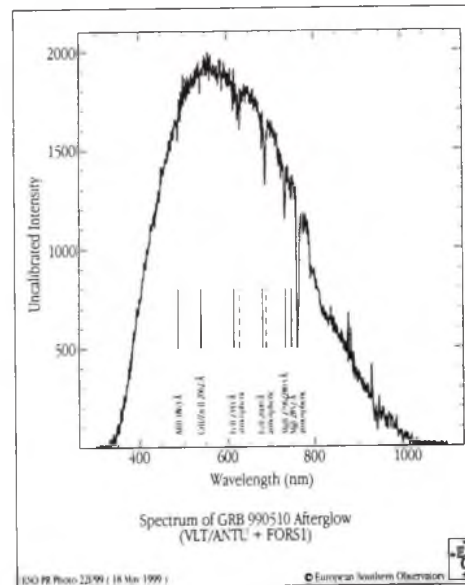
Enhardis par cet exploit, les astronomes du monde entier sont à l'affût des annonces de sursauts gamma (GRB, pour Gamma-Ray Burster) afin de suivre au moins en partie la phase du déclin optique et de préciser la nature de ces phénomènes extrêmement violents.

C'est ainsi qu'un GRB survenu le 10 mai et enregistré par le satellite Compton fut observé après moins de 9 heures par un télescope du South African Astronomical Observatory et, dès le lendemain, par une noria de télescopes en Amérique du Sud : pratiquement tous les instruments de l'observatoire de l'ESO, à la Silla, et l'un des 8m20 de l'observatoire du

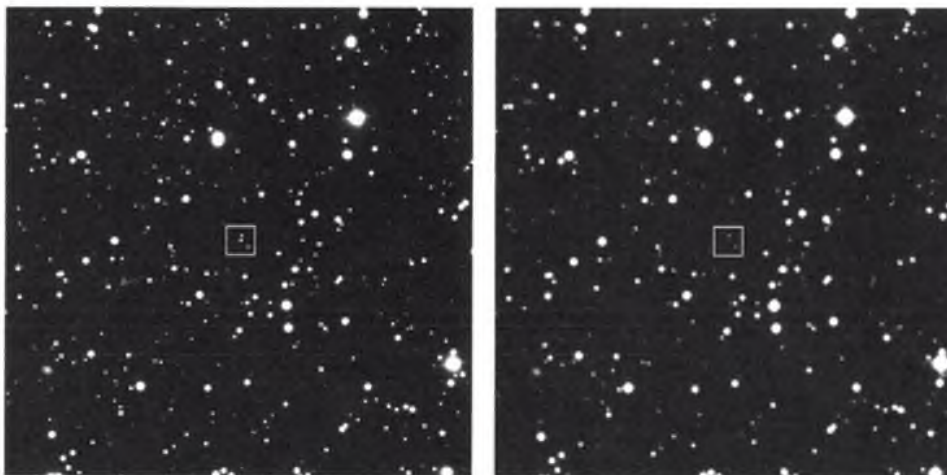
Paranal. Outre le suivi de la courbe de lumière, les astronomes ont pu mesurer la polarisation du rayonnement et obtenir un spectre.

Le spectre (voir Fig. ci-dessous) montre des raies d'absorption dues à des nuages de gaz situés sur la ligne de visée, entre nous et le GRB. La mesure du redshift de ces raies fournit donc une limite inférieure de la distance du GRB — selon la loi de Hubble liant la distance et la vitesse d'éloignement. Le redshift trouvé est considérable, de l'ordre de 1,6, ce qui correspond à sept milliards d'années lumière, à peu près la même valeur que pour l'événement du 23 janvier. Il ne s'agit naturellement que d'une simple coïncidence, mais cela confirme l'éloignement gigantesque des astres responsables de ces sursauts.

A la page suivante on pourra comparer des images du champ de GRB990510 prises pendant l'événement (télescope Antu de 8m20) et bien avant (1986, télescope Schmidt ESO de 1m). On identifie facilement le GRB.



Spectre du GRB du 9 mai, obtenu par le télescope de 8m20 de l'ESO au mont Paranal. (© ESO)



Deux images du GRB prises à 13 ans d'intervalle. (© ESO)

Un radio télescope géant au Chili

Selon ESO press release 09/99
ALMA (Atacama Large Millimeter Array) est le nom retenu pour un nouveau projet de télescope géant travaillant dans les ondes millimétriques et sub-millimétriques. Ce projet réunit les Etats-Unis et l'Europe, celle-ci sous la forme d'une collaboration entre des organismes de recherche de France, Hollande, Allemagne, Royaume-Uni et l'ESO. La Belgique n'est donc pas totalement absente de cette initiative étant donné qu'elle dispose d'une toute petite part dans l'ESO. Une prochaine participation du Japon est à l'étude.

Dans une configuration envisagée à l'heure actuelle, Alma pourrait réunir 64 antennes de 12 mètres de diamètre réparties sur une surface de 10 kilomètres de diamètre et travaillant à l'unisson pour fournir des images d'une finesse inégalée.

Pour réaliser pleinement le potentiel d'un tel instrument, il faut disposer d'un site dont l'atmosphère est la plus transparente possible aux longueurs d'ondes envisagées. Cela signifie un endroit sec et de haute altitude. On a donc tout naturellement pensé au haut plateau du désert d'Atacama, au Chili, qui est le désert le plus aride du monde. Un meilleur site ne peut se trouver que dans l'espace.

Alma sera capable de détecter des signaux très faibles puisque sa surface totale sera de 7000 mètres carrés, plus grande qu'un terrain de football. La surface de chaque antenne devra être ajustée avec une précision de l'ordre de 25 micromètres pour ne pas dégrader les images. En combinant par ordinateur les images produites par toutes les antennes dispersées sur une dizaine de kilomètres, on arrivera à simuler un télescope géant d'une taille équivalente. La résolution angulaire attendue est de 0,01 seconde d'arc!

Le potentiel scientifique de ce radio télescope est immense. Alma pourra examiner la formation des galaxies les plus lointaines, et donc les âges les plus reculés. En effet, la lumière de ces galaxies est tellement décalée vers le « rouge » par effet Doppler qu'elle se retrouve dans les domaines millimétriques ou sub-millimétriques. Alma pourra aussi pénétrer les nuages de poussières dans lesquels naissent les étoiles — nuages qui sont opaques dans le domaine optique et que même le Hubble Space Telescope ne peut explorer. L'analyse fine des disques de poussières autour d'étoiles

jeunes pourrait déboucher sur la découverte de systèmes planétaires.

Plus près de nous, Alma pourra étudier les atmosphères des différentes planètes du système solaire et analyser la composition des comètes, ce qui permettra de déduire les conditions physico-chimiques régnant dans la nébuleuse proto-solaire.

Si tout se déroule comme l'espèrent les scientifiques, le télescope pourrait devenir opérationnel dans moins d'une dizaine d'années.



Site proposé pour Alma. La montagne de droite est le mont Chajnantor (5600m). A gauche, au loin, le cône parfait du volcan Licancabur (5900m).

(© ESO)