

LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE DES ARCS LUMINEUX GEANTS DANS DEUX AMAS DE GALAXIES

Un nouveau type de structure ayant une géométrie très particulière, a été découvert par hasard au cours d'études systématiques (photométrie et spectroscopie) d'amas de galaxies. Le premier cas a été découvert par une équipe de l'Observatoire de Toulouse dans l'amas appelé A370 (il s'agit de l'amas Abell 370 où la lettre A désigne l'auteur du premier catalogue fondamental d'amas de galaxies établi en 1958 par l'astronome américain Georges Abell et où 370 désigne le numéro de l'amas dans ce catalogue) à partir d'observations effectuées avec les deux télescopes de 3,60m dont dispose la communauté française (télescope Canada-France-Hawaii situé à Hawaii et télescope de l'ESO : European Southern Observatory situé au Chili). La découverte française a été confirmée au début de cette année par une équipe américaine qui a également détecté le même type de structure dans un autre amas de galaxies (désigné par 2242-02 d'après ses coordonnées équatoriales). Dans les deux cas, la structure mise en évidence se présente comme un immense arc lumineux étroit et de forme circulaire, proche du centre de l'amas et de galaxies elliptiques géantes et dont la concavité est tournée vers le centre de gravité de l'amas. Comme les deux arcs sont superposés chacun sur un amas de galaxies il a semblé naturel de les associer physiquement à l'amas. Dans le cas de A370, on connaît le décalage spectral relatif de l'amas : $z = \Delta\lambda / \lambda = 0,373$, d'où l'on peut déduire sa distance d d'après la loi de Hubble (ici en première approximation, cela fournit en utilisant $d = V_r / H$, où V_r désigne la vitesse radiale de fuite $\approx 0,3c$ et H la constante de Hubble, avec $H = 75$

km/s/Mpc : $d \approx 1300$ Mpc; 1Mpc=1 million de parsecs=3,26 millions d'années de lumière) et les dimensions de l'arc lumineux : environ 100 kpc en longueur et 5 kpc en largeur (1 kpc= 1000parsecs); pour comparaison, rappelons que le diamètre moyen d'une galaxie, telle la nôtre, est de 30 kpc environ.

Ces structures se révèlent sur les clichés obtenus avec les détecteurs extrêmement sensibles que sont les caméras à CCD (pour Charge Coupled Device); sur un tel cliché, avec un temps de pose de l'ordre de 15 min, apparaissent à la fois les images relativement compactes des galaxies individuelles de l'amas et le rayonnement diffus constituant les arcs dont la brillance superficielle est beaucoup plus faible. Ces structures particulières sont un phénomène très rare puisque sur près de 450 amas étudiés jusqu'ici avec des caméras à CCD par diverses équipes, deux cas seulement ont été recensés. Comprendre la nature et l'origine de ces arcs est bien sûr un défi qui a suscité de nombreuses spéculations théoriques. L'une de ces théories considère que les arcs pourraient se composer d'étoiles formées à la suite de phénomènes catastrophiques se déroulant dans les galaxies situées au centre de l'amas; mais ce type de scénario nécessite qu'une quantité très importante de gaz soit présente entre les galaxies de l'amas, ce que l'on n'observe pas; de plus, la structure ainsi formée serait plutôt une bulle d'étoiles avec du vide à l'intérieur et non pas une structure linéaire en ruban. Une alternative très élégante à ce type de théorie met en jeu le phénomène de **lentille gravitationnelle** (voir les C.C. n° 18 p.3 et n° 30 p.21). En effet, dans le cas où l'on a sur la ligne de visée un alignement exact d'une source lumineuse ponctuelle lointaine située derrière un centre d'une lentille gravitationnelle à symétrie axiale, l'observateur perçoit une image de cette source qui est un cercle lumineux (appelé "anneau d'Einstein"). L'image peut être plus complexe (par ex. : arc incomplet au lieu d'un cercle, 2 arcs symétriques au lieu d'un seul) si ces conditions particulières ne sont pas exactement réalisées (par ex. : lentille non symétrique, alignement non parfait). Dans ce type de scénario, l'amas dans son ensemble jouerait simplement le rôle d'une lentille gravitationnelle défectrice agissant sur une galaxie lointaine - la source- située plus loin que l'amas et presque exactement le long de la ligne de visée allant de l'observateur au centre de l'amas : l'image prévue dans ce cas est tout à fait analogue aux arcs lumineux géants observés.

Une observation cruciale permet de tester cette explication. Il s'agit ici d'observations spectroscopiques de l'arc lumineux pour déterminer son décalage spectral, donc sa distance comme cela a été expliqué précédemment; si le décalage est bien supérieur à celui de l'amas, l'explication par effet de lentille gravitationnelle devient extrêmement probable, par contre, si ce décalage est voisin de celui de l'amas, des processus internes à l'amas devraient être à l'origine des arcs. L'équipe française a tout récemment mesuré ce décalage en obtenant le spectre d'une partie de l'anneau de A370 et a obtenu $z=0,59$. Il s'agirait donc bien de l'image d'une galaxie située **derrière** l'amas. Ceci est une première confirmation remarquable en faveur de l'explication par effet de lentille gravitationnelle. D'autres observations spectroscopiques sont prévues dans la totalité de la structure en arc de A370 et également dans l'amas 2242-02 où pour le moment aucune mesure spectroscopique n'existe.

Outre leur intérêt du point de vue de la vérification de la théorie de la Relativité Générale, ces observations présentent un grand intérêt astrophysique parce qu'elles permettent d'avoir accès très directement - sans hypothèses physiques particulières- à la valeur de la masse défectrice traversée le long de la ligne de visée, c'est-à-dire essentiellement la masse du coeur de l'amas (dans le cas de A370 elle est de l'ordre de 1 à $2 \cdot 10^{14}$ masses solaires). C'est un moyen d'étude puissant de la répartition de la masse sombre dans l'Univers.