

LES POTINS DE LA VOIE LACTEE

LES LENTILLES GRAVITATIONNELLES, 10 ANS APRES

C'est en novembre 1979 qu'est née l'astrophysique des lentilles gravitationnelles avec la découverte du quasar double Q0957+561 dans la constellation de la Grande Ourse (cf C.C. n° 18, 1982). Les deux images jumelles A et B (séparation = 6") observées en optique et en radio, de part et d'autre d'une galaxie relativement proche, membre d'un amas de galaxies, sont une paire de mirages produits par déflexion gravitationnelle de la lumière provenant d'un quasar lointain situé dans la direction de la galaxie déflexrice. L'effet de lentille gravitationnelle ne se manifeste pas seulement par des images multiples (on parle alors de "mirages" gravitationnels; cf C.C. n°30, 1985) ; en particulier, des structures en anneaux (repérées à partir de cartographie détaillée de radiosources avec des interféromètres radio) et en arcs lumineux géants ont été également observées (cf C.C. n°38, 1987).

Tout récemment, l'analyse détaillée des images de Q0957+561 obtenues en rayonnement X, il y a plus de 10 ans, par le satellite Einstein, a révélé une émission X, localisée le long d'un arc étendu reliant les deux images A et B. Il s'agirait là encore d'une image gravitationnelle d'un gaz chaud émetteur X entourant le quasar lointain; le quasar lui-même pouvant faire partie d'un amas lointain dont le gaz central intra-amas s'écoulerait vers le quasar. Le satellite X ROSAT (pour ROentgen SATellit) lancé en juin 1990 devrait apporter des observations plus précises de cet arc gravitationnel X.

La lumière qui parvient à l'observateur depuis différentes images mirages suit des trajets optiques de longueur différente et les durées de parcours sont donc différentes. Dans le cas de Q0957+561, on a calculé que l'image A, plus éloignée angulairement de la galaxie déflexrice, doit être retardée de 2 ans par rapport à une image arrivant directement (sans effet de lentille gravitationnelle). La durée de parcours associée à l'image B (située à 1" de la galaxie déflexrice) est de plus augmentée par la traversée du milieu dispersif de la galaxie déflexrice et s'élève à 3 ans. Ainsi l'image A doit arriver la première, avec environ 1 an d'avance sur l'image B. Une surveillance continue de Q0957+561 pendant ces dix années a permis de mesurer très précisément la durée de ce décalage temporel grâce à la variabilité de l'émission du quasar (cf C.C. n° 47, 1989) lointain. L'observation d'un sursaut d'émission dans l'image A est effectivement systématiquement suivie d'un sursaut analogue dans l'image B, avec un retard de 404 jours (soit 1,1an) . En modélisant les caractéristiques de la lentille gravitationnelle, il est possible de déduire la distance de la galaxie déflexrice à partir des positions observées et du décalage temporel des variations pour A et B. C'est dans son principe une méthode très élégante pour déterminer la constante de Hubble (c'est-à-dire le rapport de la vitesse de fuite d'une galaxie à sa distance). L'incertitude réside sur le nombre élevé de paramètres libres du modèle (par exemple : distribution de masse de la galaxie principalement responsable de l'effet gravitationnel, rôle des autres galaxies de l'amas, importance de la matière cachée dans le déflexeur).

La surveillance très précise des décalages temporels sur 10 ans a permis de mettre en évidence l'effet de lentille gravitationnelle appelé "microlentille" produit par des étoiles individuelles appartenant à la galaxie déflectrice qui se trouvent en alignement avec le quasar lointain. L'effet attendu est essentiellement une amplification supplémentaire de la brillance de l'image mirage qui est très proche de la direction de la galaxie déflectrice. Les observations continues effectuées depuis 1986 ont révélé, en plus de la fluctuation de brillance corrélée à la variabilité intrinsèque du quasar lointain, un excès de brillance systématique de l'image B par rapport à l'image A, qui est interprété comme un effet de microlentille produit par les étoiles. Un autre exemple spectaculaire de "microlentille" a été observé dans le quasar 2237+0357 dans la constellation de Pégase. Ce système appelé "Croix d'Einstein" est constitué de 4 images mirages réparties en croix autour de l'image centrale de la galaxie déflectrice. Les étoiles individuelles de cette galaxie sont en alignement presque parfait avec le quasar et induisent une amplification temporaire de l'une des composantes par rapport aux autres. Ici encore les effets de microlentilles gravitationnelles peuvent donner accès à une "masse cachée" sous forme d'étoiles non visibles directement, et qui pourraient constituer les hypothétiques halos massifs de galaxies.

De spectaculaires développements récents montrent que les effets de lentilles gravitationnelles des amas se révèlent aussi sur les galaxies les plus lointaines de l'Univers observable. En effet, ces galaxies situées derrière l'amas et dans une direction voisine, ont une brillance renforcée mais aussi une forme distordue; les clichés CCD très posés d'amas obtenus avec le télescope CFH (Canada-France-Hawaï) par exemple, révèlent des images déformées avec des arcs, appelés "arclets", disposés concentriquement autour du centre de l'amas. Il s'agit bien là de galaxies très lointaines et non de galaxies appartenant à l'amas lui-même car elles se distinguent par une couleur beaucoup plus bleue que celle des galaxies de l'amas. Cette différence est normale car les galaxies les plus lointaines sont vues à une époque plus reculée c'est-à-dire dans une phase plus jeune de leur évolution ; leur population en étoiles bleues et très chaudes n'a pas encore eu le temps de vieillir suffisamment. Les galaxies de l'amas, relativement proches, sont vues, elles, dans un état d'évolution plus avancé, avec une population d'étoiles bleues et jeunes qui a eu le temps de vieillir. Les galaxies plus rouges, celles de l'amas, ne présentent pas d'orientation particulière ni de structures en "arclets". Récemment, un "arclet" de forme particulière, parce que long et très rectiligne, a été observé dans l'amas Abell 2390, parmi d'autres "arclets" classiques. Celui-ci doit se trouver à une distance 2 à 3 fois plus grande que celle de l'amas compte tenu du décalage vers le rouge mesuré. Il semble que pour interpréter ces observations la masse de l'amas devrait être bien supérieure à la masse visible sous forme de galaxies. Il reste à cartographier la distribution de masse invisible et à trouver sous quelle forme elle est présente...à suivre...

Lucette Bottinelli