

quasar dont les rayons lumineux avaient été déviés par une galaxie ou par un groupe de galaxies situés dans la même direction. L'évolution de l'intensité lumineuse des deux images confirma cette hypothèse : les deux images évoluaient conjointement avec un délai fixe. En effet, le trajet des photons, et donc, le temps mis par la lumière pour nous parvenir, diffère pour chacune des images. Lorsque l'intensité du quasar varie avec, en particulier, des sursauts d'intensité,

le sursaut détecté d'abord sur une image est détecté après un délai fixe sur l'autre image.

Voici dix ans, on connaissait 17 mirages gravitationnels ; aujourd'hui, on en a identifié 34, par leur rayonnement visible ou radio ; une dizaine d'arcs dans les amas de galaxies pourraient également s'ajouter à ce total. D'abord considérées comme des curiosités célestes, les lentilles gravitationnelles sont devenues des outils qui nous renseignent sur les galaxies lointaines,

sur la répartition de matière dans l'Univers et, aussi, sur les caractéristiques du gaz qui forme les lentilles : lorsque la lumière d'une galaxie traverse du gaz, celui-ci absorbe une partie de la lumière, de sorte que le spectre enregistré présente des raies d'absorption. Ces dernières, révèlent la nature des molécules et atomes présents dans le milieu traversé. Nous verrons que les raies moléculaires observées dans les lentilles sont particulièrement utiles.

Objets lointains et matière noire

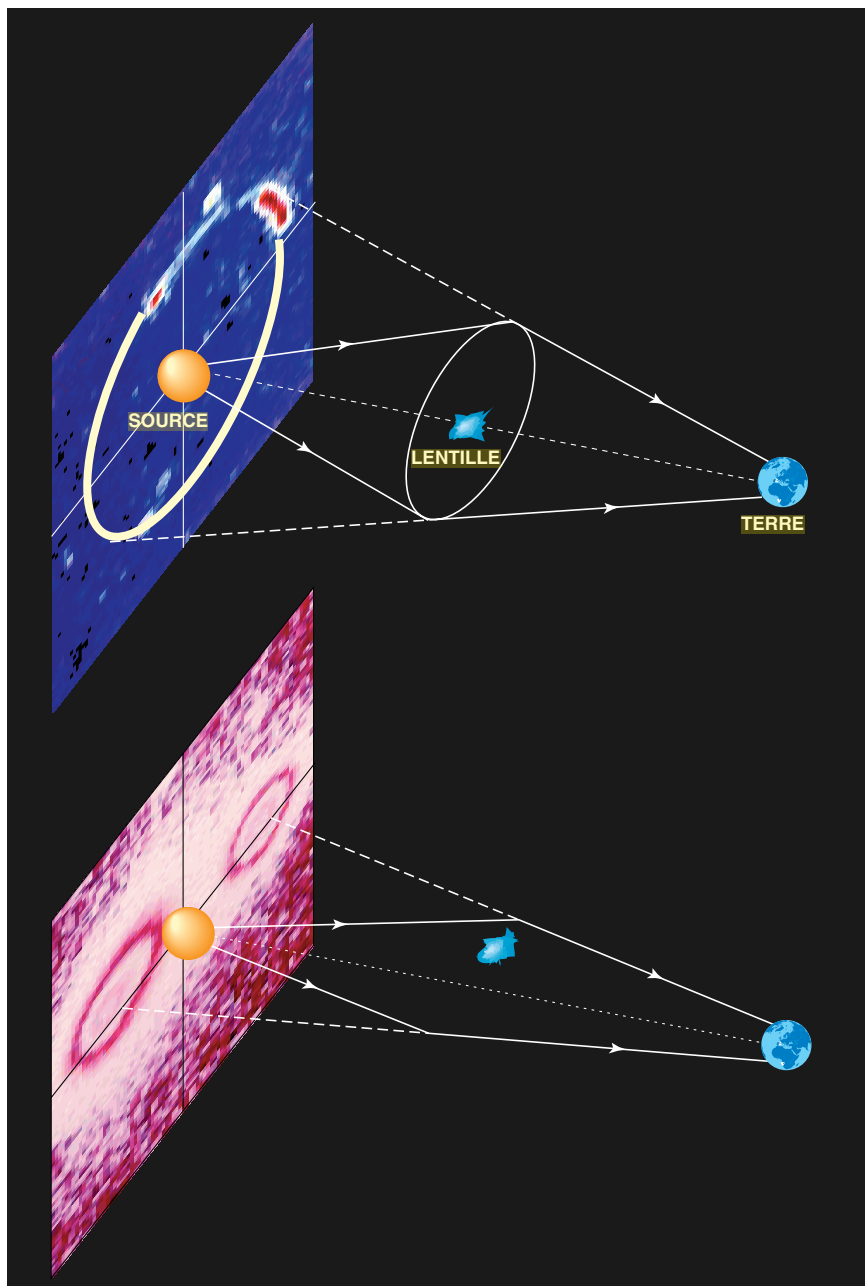
Comme les lentilles optiques, les lentilles gravitationnelles focalisent la lumière. La taille des objets est agrandie, alors que leur luminosité totale reste inchangée. Puisque la probabilité de trouver des objets massifs dans une direction augmente avec la distance, les astres lointains ont le plus de chance d'être agrandis.

Grâce à ces télescopes gravitationnels, des quasars lointains apparaissent sous la forme d'images multiples (voir la figure 2), ou accompagnés d'anneaux d'Einstein, obtenus lorsque l'astre se trouve exactement aligné avec la lentille sur la ligne de visée. Comme l'alignement parfait est très rare, les anneaux sont déformés ou incomplets (voir la figure 4).

Même des galaxies ordinaires peuvent être détectées à de grandes distances, lorsqu'elles se trouvent derrière un amas de galaxies (voir la figure 1) : leur image agrandie devient perceptible. Grâce à ces études, les astronomes espèrent mieux connaître les galaxies lointaines et comprendre leur évolution.

Comment les mirages gravitationnels nous renseignent-ils sur les caractéristiques des lentilles, tout d'abord ? Les mirages résultent d'interactions des rayons lumineux avec le champ gravitationnel de la lentille. Selon la fameuse loi d'Einstein, $E = mc^2$ (où E est l'énergie, m , la masse, et c , la vitesse de la lumière), la masse et l'énergie sont équivalentes. Ainsi, la lumière, transmise par des particules sans masse mais dotées d'une énergie (les photons), est, comme une particule massive, soumise à l'attraction universelle : elle est attirée par le champ gravitationnel de la lentille massive.

Or, le champ gravitationnel de la lentille dépend de la répartition de la masse dans l'espace. Ainsi, en analysant un mirage gravitationnel, on calcule la



PLS : C. Vandermest ; A. Patnaik

2. LES MIRAGES GRAVITATIONNELS se forment lorsque la lumière d'une source lointaine est déviée par une lentille. Ainsi, on observe des images, non dans la direction réelle de la source, mais dans le prolongement des rayons lumineux qui arrivent sur Terre. Quand l'observateur, la lentille et la source sont parfaitement alignés, l'observateur voit un anneau (en haut). En revanche, un décalage de la lentille provoque la formation de plusieurs images de la même source (voir la figure 4).