



Le centre de la galaxie M81, située à 11,6 millions d'années-lumière de la Terre, contient très probablement un trou noir super massif de 70 millions de masses solaires. Photo: ESA/NASA

ment. Toute résistante étant vaincue, la masse s'écroule sur elle-même, se concentre et finit confinée en un point où les paramètres physiques prennent des valeurs infinies.

### PERDU À JAMAIS

Le rayon de Schwarzschild, qui définit la limite du trou noir, se met ensuite à grandir au fur et à mesure que de la matière et de la lumière tombent dans ce piège cosmique. Toute communication entre l'intérieur et l'extérieur de cette frontière, aussi appelée «horizon des événements», est irrémédiablement coupée. Ce qui y pénètre, y compris la lumière, est à jamais perdu pour le reste de l'Univers. A ce stade, l'observateur situé à l'extérieur d'un trou noir ne peut le caractériser qu'à l'aide de trois paramètres: sa masse, sa charge électrique et son moment angulaire (sa rotation).

C'est alors qu'intervient Stephen Hawking, avec ses travaux sur les effets quantiques aux abords des singularités gravitationnelles. Contre toute attente, les trous noirs, selon ses calculs, peuvent relâcher des particules et même exploser en un jaillissement d'énergie. C'est en tout cas ce que l'on peut lire dans un article qu'il signe dans la revue *Nature* du 1<sup>er</sup> mars 1974, *Black hole explosions?*

Le raisonnement se base, entre autres, sur une notion fondamentale de la mécanique quantique: le principe d'incertitude (ou d'Eisenberg, du nom de celui qui l'a forgé). Ce principe stipule que l'on ne peut pas connaître avec précision à la fois l'énergie mise en jeu

lors d'un processus quantique et la durée de celui-ci dans le temps. Plus on connaît un paramètre, plus l'autre devient indéterminé. Il ne s'agit pas là d'une limite technologique liée à la difficulté de mesurer ces grandeurs, mais bien d'une propriété intime de la nature que de nombreuses expériences ont mise en évidence.

### PARTICULES VIRTUELLES

Le principe d'incertitude a des conséquences étranges, en tout cas à toute petite échelle. Il autorise, durant un laps de temps très court, qu'une particule «virtuelle» sorte du néant, existe brièvement, puis disparaisse aussi sec. Un peu comme si elle empruntait de l'énergie à la banque nature avant de la lui rendre. Sans cesse, dans le vide, des myriades de particules virtuelles sont ainsi créées de façon très éphémère – leur durée de vie est de l'ordre de  $10^{-22}$  secondes, ce qui est un million de fois plus court que l'événement le plus court jamais mesuré par l'homme.

Dans le cas où c'est une particule électriquement chargée qui est ainsi produite, elle est forcément accompagnée de son antiparticule (en tout point identique, à l'exception de sa charge qui est opposée), afin de préserver la neutralité électrique, qui ne souffre aucune exception.

Si l'on admet qu'un tel phénomène puisse se dérouler juste à côté de la limite extérieure d'un trou noir, on peut imaginer que l'une des deux particules virtuelles passe la frontière de Schwarzschild – et pourrait être en-

gloutie à jamais – tandis que l'autre parvient à s'échapper. Cette dernière (un électron virtuel par exemple), après un temps d'errance, finit par rencontrer un antiélectron virtuel devenu célibataire dans les mêmes circonstances. Les deux s'annihilent et forment un photon, c'est-à-dire un grain de lumière, bien réel cette fois-ci, qui s'échappe dans l'espace, loin de la singularité.

Stephen Hawking estime que les trous noirs émettent de cette façon peu orthodoxe des particules telles que des photons et des neutrinos exactement comme le ferait n'importe quel corps céleste ayant une certaine température. Ce rayonnement entraîne donc une diminution progressive de la masse du trou noir. Le physicien britannique précise toutefois que cette longévité est encore très grande puisqu'un trou noir de la masse du Soleil – ce qui est extrêmement léger pour un objet de cette espèce – aurait une espérance de vie de  $10^{77}$  secondes, ou de  $10^{54}$  milliards d'années. Ce qui excède, et de loin, l'âge actuel de l'Univers.

### MINI-TROUS NOIRS

En revanche, note Stephen Hawking, il se pourrait que des mini-trous noirs aient été créés dans les fluctuations des premiers instants de l'Univers. Avec une masse initiale de moins d'un milliard de tonnes, ces trous noirs se seraient maintenant intégralement évaporés, ou presque, laissant une chance de les observer avant la fin des temps. Car il faut savoir que le phéno-

mène d'évaporation, tel qu'il est décrit par le physicien britannique, s'emballerait au fur et à mesure que la masse du trou noir diminue. Résultat: au cours du dernier dixième de seconde de sa vie, il explose littéralement, dégageant l'énergie d'un million de bombes à hydrogène d'un million de tonnes chacune. Ce qui, selon les standards astronomiques, est très faible et reste difficile, voire impossible à détecter depuis la Terre.

Cela a d'ailleurs représenté un problème à l'époque où Hawking a publié son article, car il n'existait alors aucun indice astronomique convaincant militant en faveur de l'existence des trous noirs ailleurs que dans l'imagination et les cahiers de notes des physiciens.

Aujourd'hui, des observations réalisées par les télescopes modernes ont permis de rendre l'existence des trous noirs quasiment certaine. Le plus proche se situerait, comme le pensait Stephen Hawking dans les années 70, au centre de notre galaxie, à 26 000 années-lumière de la Terre. Il s'agit d'un trou noir super massif dont la masse équivaut à 4 millions de fois celle du Soleil et dont le rayon n'excède pas les 11 millions de kilomètres. ■

«La création de l'Univers»  
par Stephen Hawking  
15 septembre, 18h30, Uni Dufour  
Retransmission en direct à Uni  
Bastions, Uni Mail, Auditorium  
Arditi et CMU. Traduction française