

Disparition dans un trou noir

Première observation des phases de la vie d'un trou noir.

En 1992, le télescope spatial *Sigma* découvrait GRS 1915+105, un microquasar de notre Galaxie. Cet objet est constitué d'un trou noir entouré d'un disque de matière autour duquel gravite une étoile géante. En observant cette source à plusieurs longueurs d'onde, nous avons mis en évidence plusieurs phases : le moment où la matière du disque d'accrétion disparaît dans le trou noir, suivi par le remplissage du disque d'accrétion par la matière issue de l'étoile et par la formation d'un nuage de particules de grande énergie au voisinage du trou noir.

À la fin de leur vie, les étoiles les plus massives s'effondrent en un trou noir, une région de l'espace d'où ne s'échappe ni matière ni lumière. Le trou noir est délimité par un horizon, une surface immatérielle dont rien ne peut s'échapper. Dès lors, comment s'assurer de la présence d'un tel astre d'où rien ne sort ? Selon la théorie, un trou noir est caractérisé par sa masse : un astre dense de masse supérieure à trois fois la masse du Soleil est un trou noir.

Cependant, des incertitudes demeurent et certaines étoiles à neutrons subsisteraient avec une masse supérieure à cette limite. La présence d'un horizon est une manière de caractériser un trou noir sans ambiguïté. Peut-on voir cet horizon ? Pas directement, mais on peut

observer la disparition de la matière à l'intérieur.

La taille du disque d'accrétion autour d'un trou noir est proportionnelle à la masse de ce dernier. Le temps caractéristique de l'évolution de la matière dans le disque d'accrétion est ainsi d'autant plus grand que le trou noir est massif. Les quasars lointains ont des masses voisines de un milliard de masses solaires, et la durée typique d'une variation dans le disque est de plusieurs milliers d'années. La découverte du microquasar GRS 1915+105 dans notre Galaxie fut une aubaine : la masse du trou noir est de quelques masses solaires et les variations attendues durent de quelques secondes à quelques minutes, aisément mesurables lors d'une campagne d'observation.

Déjà des observations de cette source dans le domaine X, à l'aide du Télescope spatial *Rossi*, avaient révélé des oscillations attribuées à la disparition et au remplissage du disque d'accrétion du trou noir. D'autre part, des observations dans le domaine radio avaient montré des bouffées de gaz chaud (du plasma) éjectées dans deux directions opposées. Pour comprendre l'enchaînement de ces événements, des observations à plusieurs longueurs d'onde étaient nécessaires.

Le 15 mai, puis le 9 septembre 1997, nous avons pointé les antennes du VLA (*Very Large Array*, ou «Très grand réseau»), qui observe à des longueurs d'onde centimétriques, en direction de GRS 1915+105. Simultanément, avec le télescope britannique infrarouge UKIRT, nous avons observé cette source dans l'infrarouge, à 2,2 micromètres. Les rayonnements X de longueur d'onde comprise entre 0,0206 et 0,62 nanomètre (ce qui correspond à une énergie comprise entre 2 et 60 kilo-électronvolts) furent également enre-

gistrés à l'aide du Télescope *Rossi*. Le rayonnement X est émis par le gaz chaud du disque d'accrétion.

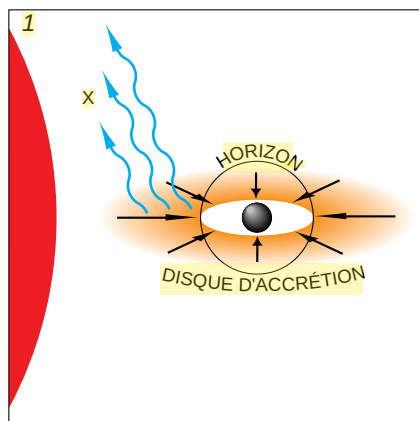
Ces observations simultanées détaillent l'évolution de la matière autour du trou noir. Tout d'abord, la brusque diminution de la luminosité dans le domaine X atteste la disparition de la matière du disque d'accrétion : la région interne du disque d'accrétion tombe au-delà de la dernière orbite stable ; elle est happée par le trou noir et n'émet plus de rayonnement.

Ensuite, l'émission X s'intensifie lentement : le disque d'accrétion se remplit de matière apportée par l'étoile compagne. Simultanément, alors que l'émission de rayons X varie, ce qui traduit des mouvements turbulents dans le disque, l'émission infrarouge augmente. Une partie de la matière qui remplit le disque serait éjectée sous la forme d'un nuage de plasma émettant un rayonnement infrarouge.

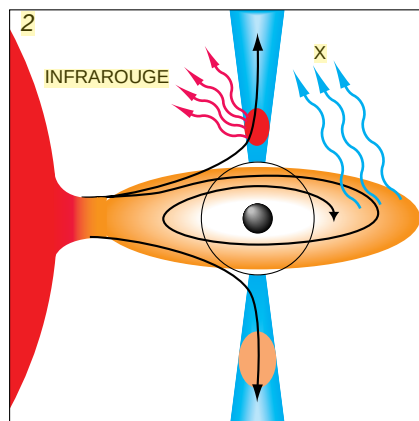
En s'éloignant du trou noir, ce plasma se dilate et sa densité diminue : il devient si ténu que les ondes radio émises par les électrons du plasma, jusqu'alors absorbées dans le nuage, s'échappent. Le décalage d'une quinzaine de minutes dans le spectre, entre l'augmentation dans le domaine infrarouge puis en ondes radio, indique cette dilatation.

À partir des émissions radio, on déduit le nombre d'électrons du plasma éjecté. Si l'on suppose qu'à chaque électron correspond un proton (un plasma étant globalement neutre), on déduit la masse du nuage : toutes les 20 minutes, un nuage de plasma de masse égale à celle du Mont Everest est éjecté à 92 pour cent de la vitesse de la lumière.

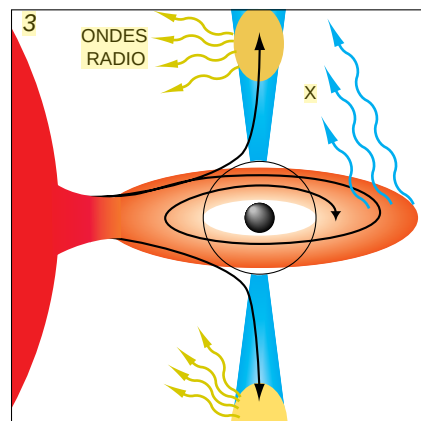
Sylvain CHATY, Josef MARTI et Félix MIRABEL
Service d'astrophysique, Saclay



Trois phases de la vie du microquasar GRS 1915+105. Dans un premier temps, la matière du disque d'accrétion disparaît, happée par le trou noir, et le rayonnement X, produit par le gaz chaud du disque d'accrétion, diminue fortement (1). Le disque se remplit ensuite de matière apportée par l'étoile compagne. Une partie de cette matière,



chauffée dans le disque, émet des rayonnements X, tandis qu'une autre partie est éjectée perpendiculairement au disque, à 92 pour cent de la vitesse de la lumière. Le nuage de gaz éjecté rayonne d'abord dans l'infrarouge (2), puis, après expansion, dans le domaine radio (3). Le cycle dure un vingtaine de minutes.



Péril nucléaire

BRUCE BLAIR • HAROLD FEIVESON • FRANK VON HIPPEL

*Le risque de déclenchement accidentel d'une guerre nucléaire est excessif.
Les nations doivent cesser d'être en état d'alerte permanent.*



DÉBUT D'UNE CATASTROPHE □

Une extrapolation fondée sur l'alerte du 25 janvier 1995

Lancement d'une fusée scientifique au large des côtes norvégiennes

Les officiels russes évaluent le danger et décident une riposte

0 1 minute 2 minutes 3 minutes 4 minutes 5 minutes 6 minutes

Détection par les radars d'alerte avancée russes