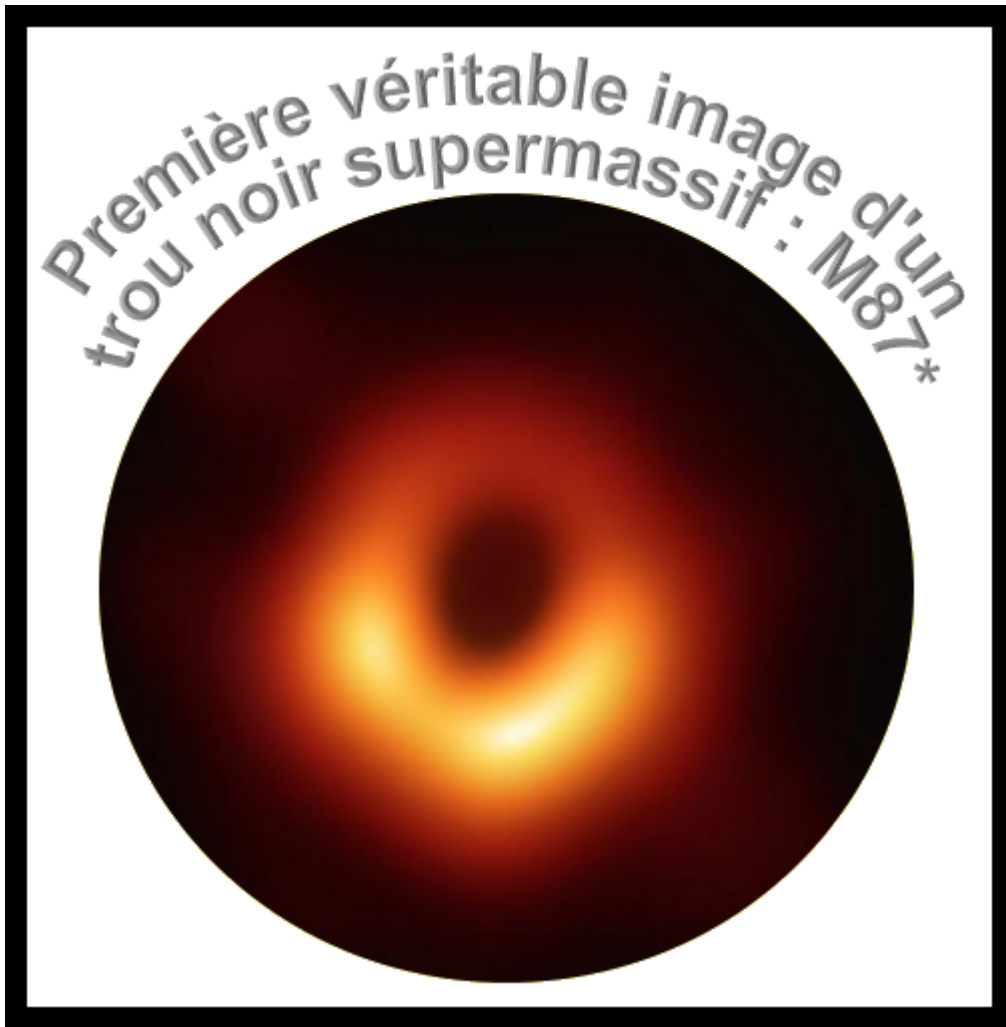
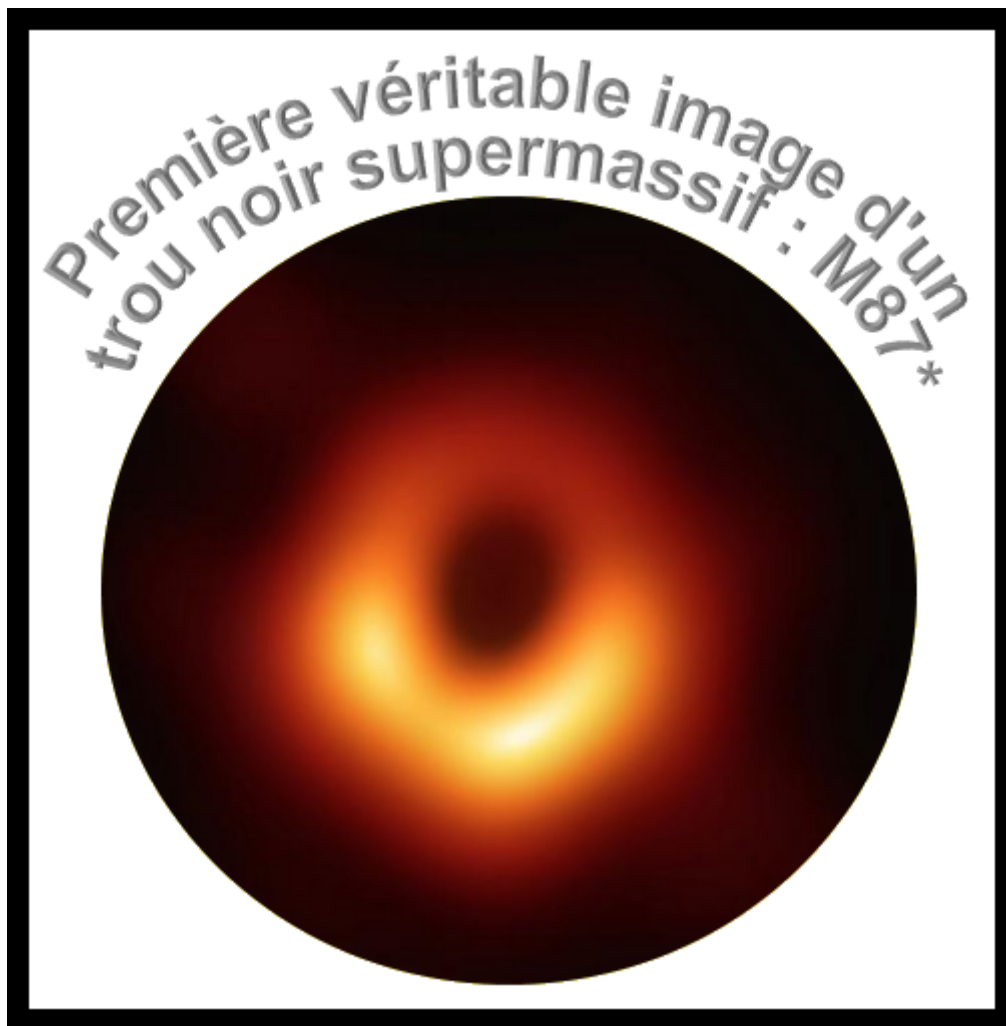


Les trous noirs, ben oui... c'est quoi au juste ? Simplement. Partie 2 sur 2.

écrit par Professeur Tetenlair | 22 février 2023





Préambule

Dans le forum qui a suivi la [première partie](#) de cet article concernant les trous noirs, certains forumeurs ont réagi citant les théories de Jean-Pierre PETIT, ce dont je les remercie.

Jean-Pierre PETIT est un astrophysicien français né en 1937, toujours vivant, ayant abordé plusieurs domaines de la science mais notamment, depuis de nombreuses années, la cosmologie (= science qui étudie la structure, l'origine et l'évolution de l'Univers considéré dans son ensemble). Il est l'auteur et le défenseur de sa théorie de la cosmologie appelée le **modèle JANUS**.



Jean-Pierre Petit

Ce dernier soutient que, lors du Big-Bang, il y a eu la création de la matière, l'univers dans lequel nous sommes, mais aussi création d'un univers opposé (univers jumeau de Sakharov) équivalent, donc négatif, l'antimatière. Le modèle JANUS considère que l'antimatière est repliée sur la matière pour créer un univers négatif s'opposant à l'univers positif (la matière). L'univers est ainsi constitué par moitié de matière et d'antimatière.

Partant de cela, un très grand nombre de lois cosmologiques ne s'adaptent plus et cela serait la raison pour laquelle de nombreuses interrogations restent sans réponse, ainsi que de nombreuses erreurs cosmologiques, les leaders scientifiques actuellement réputés refusant de s'intéresser au modèle JANUS.

Pour en revenir au sujet de notre article, les trous noirs, selon le modèle JANUS, n'existent pas, il s'agit d'une « pure invention basée sur une série d'erreurs, une chimère ». Pour plus de renseignements sur cette question, visionner les explications de Jean-Pierre PETIT en [cliquant ici](#).

Pour se faire une idée plus précise de ce qu'affirme Jean-Pierre PETIT, tu peux, ami lecteur, lire le PDF de Jean-Pierre PETIT lui-même (98 pages) en [cliquant ici](#). Tu peux également visionner une vidéo de lui (1h13mn29s) dans laquelle il

explique l'ensemble de sa théorie de la cosmologie, et les difficultés qu'il rencontre à se faire entendre en [cliquant ici](#)).

À titre personnel, je suis toujours ouvert à toutes les théories et idées qui peuvent jaillir des cerveaux scientifiques. Rien ne doit être négligé, comme c'est assez souvent le cas dans les milieux scientifiques quand des fondamentaux sont remis en cause. Je n'aime pas cette façon de procéder, tout doit être étudié, et un scientifique doit s'attendre tous les jours à remettre en cause ses convictions établies.

Concernant cet article de vulgarisation sur les trous noirs, je ne me dois que de respecter les versions officielles. Un tel article n'est pas un débat scientifique, et je ne peux pas mettre en valeur des contestations au-dessus de la version officielle dans ce cadre là.

J'ai consacré les quelques lignes ci-dessus au modèle JANUS de Jean-Pierre PETIT, car ses arguments sont chocs, et méritent très largement d'être mis au grand jour scientifique et étudiés, ce que la communauté officielle ne fait pas, le court-circuitant intégralement.

Pour les raisons ci-dessus expliquées, je continue donc mon article de vulgarisation sur les trous noirs.

Présentation

Dans la [première partie](#) nous avons vu ensemble ce que sont les trous noirs, leurs différents types et leurs processus de formation.

Diverses observations effectuées à partir de 2010 impliquent cependant que les mécanismes de croissance progressive d'un trou noir stellaire ou d'effondrement d'un amas d'étoiles ne peuvent expliquer l'existence des trous noirs supermassifs. D'autres processus de formation ont donc été mis en jeu.

Au cours des premiers millions d'années ayant suivi le big bang, avant l'apparition des premières étoiles et des premières galaxies, l'Univers était à l'état de gaz diffus, au sein duquel de très vastes inhomogénéités ont pu s'effondrer gravitationnellement pour former directement des trous noirs supermassifs.

Un autre processus met en scène des trous noirs « *primordiaux* » qui se seraient formés encore plus tôt dans l'histoire de l'Univers, non par effondrement gravitationnel, mais en raison des pressions et densités gigantesques qui régnaient alors dans le plasma primitif. Les calculs montrent qu'une première génération de trous noirs de l'ordre de 1 million de MS (Masses Solaires) aurait pu être engendrée dès les premières secondes après le big bang.

Dans les deux cas, ces trous noirs dits primordiaux ont pu constituer les germes gravitationnels autour desquels les futures galaxies se sont agglomérées lors du milliard d'années qui a suivi, et expliquer pourquoi certaines d'entre elles ont pu rapidement développer en leur centre un trou noir supermassif.

Notons qu'il existerait des « microtrous noirs » – encore hypothétiques – appelés aussi « trous noirs quantiques », car à cette échelle interviendraient certains phénomènes de physique quantique, absents dans les objets macroscopiques, qui pousseraient ces microtrous noirs à s'évaporer au cours du temps plutôt qu'à grossir. Le « *rayonnement de Hawking* » permettrait à un microtrou noir de rayonner très faiblement, donc de perdre de l'énergie et de s'évaporer avec une extrême lenteur en émettant un spectre électromagnétique caractéristique.

Physique des trous noirs

Selon les théories officielles actuelles, les propriétés physiques des trous noirs découlent des lois de la relativité

générale poussées à la limite des champs gravitationnels très forts, avec pour conséquence les distorsions les plus spectaculaires de l'espace-temps.

Ainsi, à proximité d'un trou noir, l'espace est fortement déformé. Un astronaute qui s'aventurerait à proximité d'un trou noir stellaire verrait son corps étiré comme un spaghetti du fait des forces différentielles de gravitation (ses pieds subissant une force d'attraction beaucoup plus forte que sa tête). Ces forces sont dites « de marée » et dépendent de la masse du trou noir. Corrélativement à l'étirement de l'espace, le temps est fortement dilaté.

Naissance d'un trou noir

La naissance d'un trou noir est marquée par l'émission de rayonnements électromagnétiques et d'ondes gravitationnelles. L'état final d'un trou noir est entièrement décrit par trois paramètres seulement :

1. sa masse M
2. son moment angulaire J = grandeur qui décrit son état général de rotation
3. sa charge électrique Q .

Cette propriété est très étonnante. Un corps ordinaire, un simple caillou par exemple, outre sa masse, son éventuel moment angulaire et son éventuelle charge électrique, est caractérisé par une forme, des couleurs, une composition chimique, des milliards de particules élémentaires organisées d'une certaine manière, etc. Sa description complète requiert donc la connaissance d'un nombre gigantesque de paramètres.

Le trou noir, lui – et c'est précisément ce qui le distingue de tout autre type de corps matériel – est totalement décrit par les trois quantités (M , J , Q). Quelles que soient les milliards d'autres informations stockées en lui, aucune n'est accessible de l'extérieur et n'influe en quoi que ce soit la manière dont l'espace-temps prend forme autour de lui. En

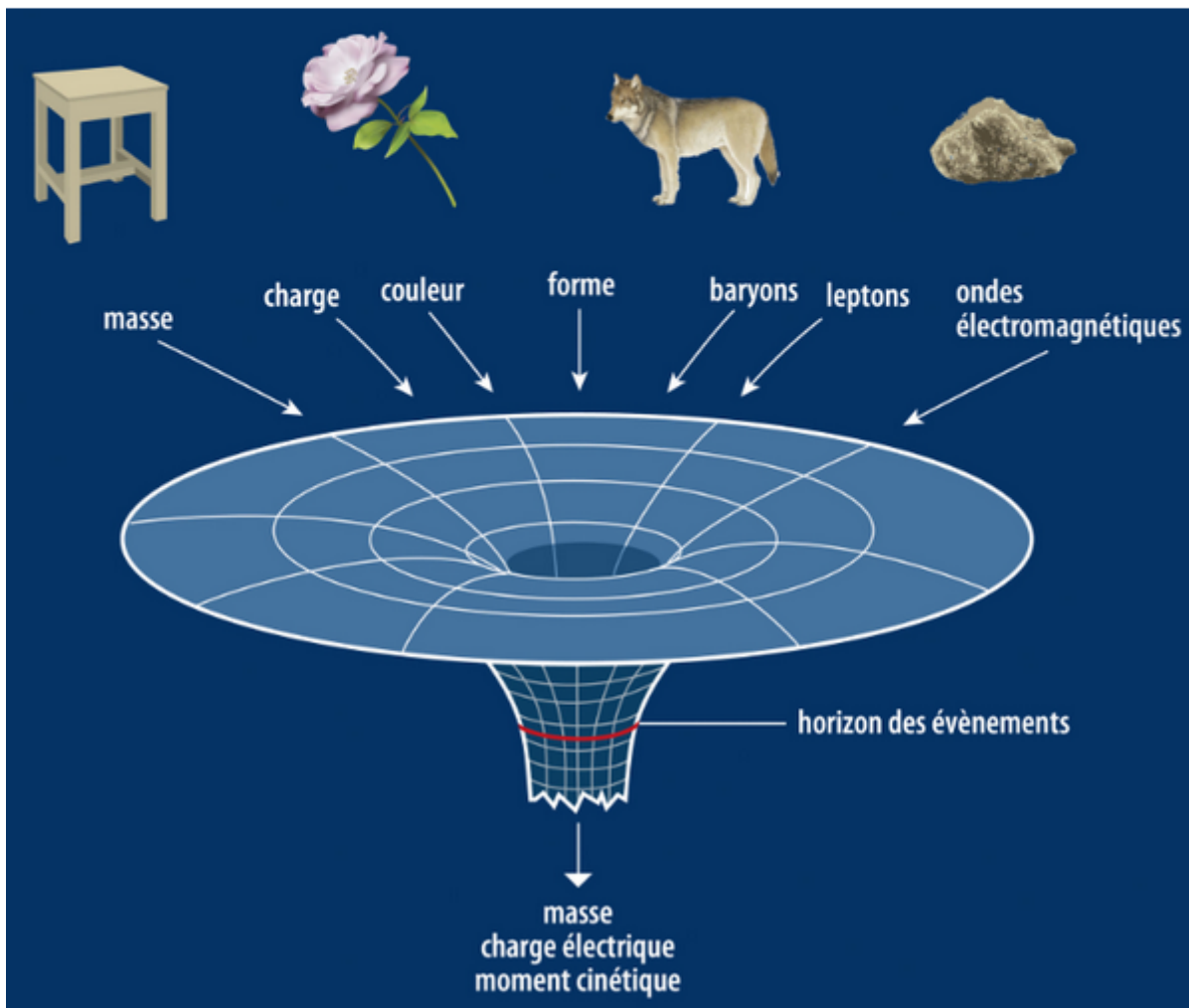
outre, comme il n'y a pas de situation astrophysique réaliste permettant à un trou noir de conserver une charge électrique, l'état final d'un trou noir ne dépend plus que de M et J. On aura ainsi :

- une masse M strictement positive : $M > 0$
- son moment angulaire (cinétique) J obligatoirement différent de 0 ($J \neq 0$), ce qui signifie qu'il est en rotation axiale
- la charge électrique = 0

On appelle un tel trou noir, le « trou noir de Kerr ».

Cette pénurie maximale d'informations sur les états internes d'un trou noir a été exprimée par la formule pittoresque, due à John Archibald Wheeler, « *Un trou noir n'a pas de chevelure* », et sa démonstration mathématique est appelée « **théorème de calvitie** ».

Pour un observateur extérieur, un trou noir ne mémorise que la masse, le moment angulaire et la charge électrique de la matière qui franchit l'horizon des événements. Toutes les autres informations stockées en lui disparaissent. Par ce nombre très restreint de paramètres qui le caractérisent, un trou noir est ainsi défini aussi simplement qu'une particule élémentaire.

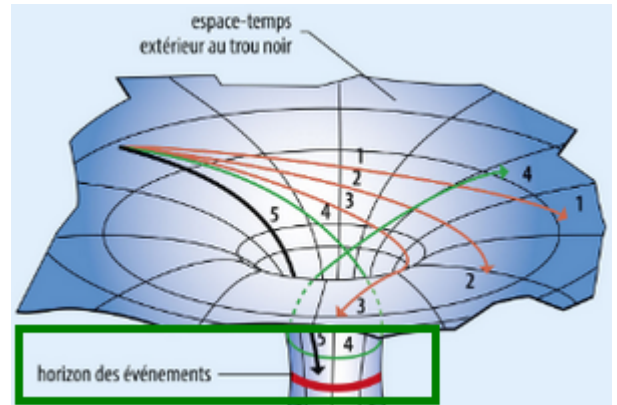


Mais le trou noir ne se réduit pas à un corps passif qui distord l'espace-temps sans que rien ne l'affecte lui-même. Il constitue au contraire une entité dynamique, capable de subir ou d'exercer des forces, d'absorber ou de fournir de l'énergie, de se transformer au cours du temps.

Un trou noir de Kerr dispose d'une énergie rotationnelle (puisque J est non nul) qui peut être extraite. Un trou noir en rotation plongé dans un champ magnétique peut engendrer un

« effet dynamo » permettant d'alimenter en énergie les jets de particules observés dans les radiogalaxies.

Au début des années 1970, des chercheurs comme Stephen Hawking, Brandon Carter et Remo Ruffini ont montré que la dynamique des trous noirs se résumait en quatre lois présentant une analogie frappante avec celles de la thermodynamique, particulièrement la deuxième qui stipule que l'aire d'un trou noir, c'est-à-dire la superficie de son horizon des événements, ne peut que croître au cours du temps.



En 1975, lorsque Stephen Hawking calcula qu'un microtrou noir soumis aux lois de la mécanique quantique émet forcément un rayonnement. Ce dernier, appelé « *rayonnement de Hawking* », de type thermique, dissipe l'énergie totale du trou noir jusqu'à son évaporation finale. Surgit alors un nouveau paradoxe, dit « de l'information » : si un trou noir peut s'évaporer, il restitue de l'information. Tout ou partie ? Normalement, l'information contenue dans un rayonnement thermique est dégradée, de sorte qu'une partie de l'information que le trou noir renfermait est à jamais perdue. Or, le fait que les trous noirs puissent détruire irréversiblement de l'information entre en conflit avec l'un des postulats de base de la mécanique quantique, selon lequel les systèmes physiques évoluant ne peuvent créer ni détruire l'information – une propriété baptisée « *unitarité* ».

Qu'y a-t-il cependant au fond d'un trou noir ? Trous de ver

On appelle « trou noir » non pas l'objet qui se trouve au fond du puits de gravité, mais toute la région d'espace-temps

confinée à l'intérieur de l'horizon des événements. Qu'y a-t-il cependant au fond d'un trou noir ? Et quel est le sort ultime de la matière qui y tombe ? La théorie de la relativité générale prédit que dans les configurations les plus simples, par exemple un trou noir statique et sphérique, l'effondrement gravitationnel engendre un nœud qui « étrangle » l'espace-temps. La matière s'accumule irréversiblement et indéfiniment dans ce nœud.

Mais des questions se posent cependant et l'idée de voir de la matière s'entasser dans un point infinitésimal pose problèmes pour les physiciens. C'est pourquoi ils étudient des scénarios plus plausibles.

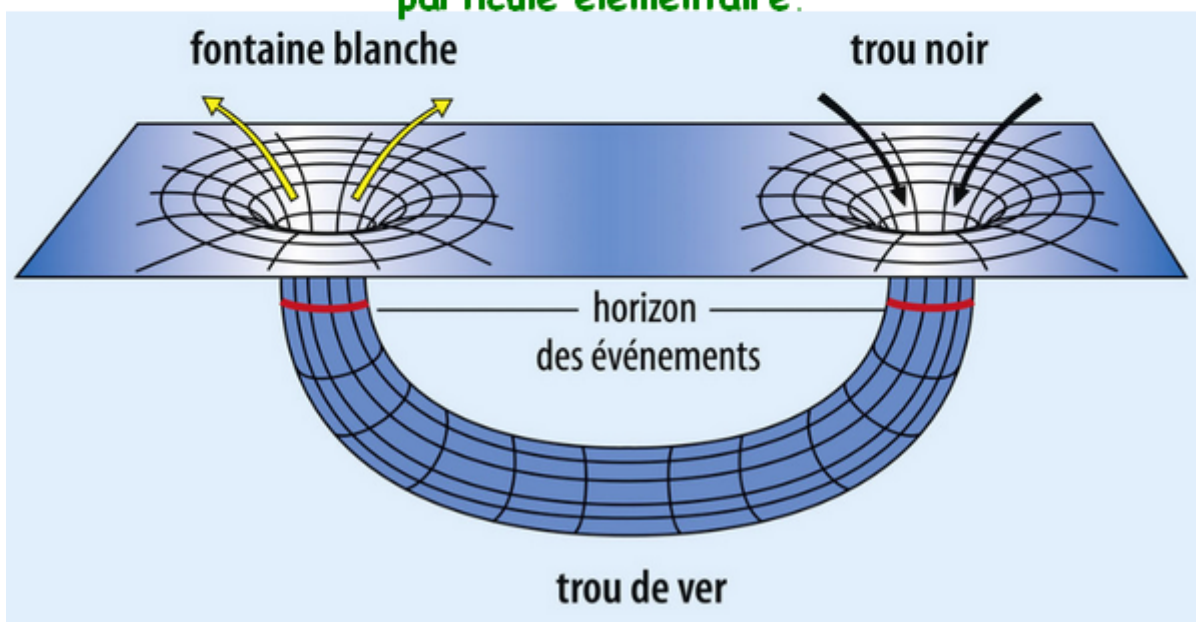
Certains supposent, par exemple, qu'au voisinage du nœud, la gravité devient répulsive et permet à la matière de rebondir plutôt que de se comprimer indéfiniment.

Une autre théorie, différente de la théorie des cordes, décrit l'espace comme formé de grains minuscules, mais pas infiniment petits, en conséquence de quoi sa courbure ne pourrait pas devenir infiniment grande ; dans un trou noir sphérique, l'écrasement de la matière et de l'espace se heurterait à une valeur finie, quoique très élevée, de la courbure, et s'inverserait pour donner lieu à un rebond.

Une autre idée est que le fond des trous noirs en rotation n'est pas bouché, mais ouvre des passages vers d'autres régions de l'Univers ce qui engendre la notion fascinante de « **trous de ver** ». Ces distorsions extrêmes de l'espace-temps pourraient connecter des régions très lointaines de notre Univers, voire, selon d'autres théories, d'autres univers. Les sorties des trous de ver seraient des « **fontaines blanches** » d'où jaillirait l'énergie engloutie par les trous noirs. Des physiciens ont proposé que le Big Bang pourrait lui-même être une immense fontaine blanche, reliée à un trou noir colossal d'un autre univers qui aurait déversé une partie de sa matière-énergie dans le nôtre. Notre Univers alimenterait à

son tour d'autres « Big Bang » et d'autres univers avec ses propres trous noirs. De trous noirs en fontaines blanches reliés par des trous de ver, on en viendrait ainsi à considérer des univers en cascade.

Pour un observateur extérieur, un trou noir ne mémorise que la masse, le moment angulaire et la charge électrique de la matière qui franchit l'horizon des événements. Toutes les autres informations stockées en lui disparaissent. Par ce nombre très restreint de paramètres qui le caractérisent, un trou noir est ainsi défini aussi simplement qu'une particule élémentaire.



Si ces modèles existent mathématiquement, il y a hélas peu d'espoir qu'ils correspondent à une quelconque réalité physique. D'une part, aucune fontaine blanche n'a jamais donné signe d'une possible présence dans notre Univers – contrairement aux trous noirs. D'autre part, même si un trou de ver pouvait se former dans la nature, il serait extrêmement instable et se boucherait à la moindre perturbation, ne serait-ce qu'une particule élémentaire le pénétrant, a fortiori un vaisseau spatial.

Signatures électromagnétiques des trous noirs

Selon les lois de la relativité générale, un trou noir est par

définition invisible, puisqu'il ne laisse échapper ni matière ni lumière (entendu par là l'ensemble des longueurs d'onde du rayonnement électromagnétique, et pas seulement la lumière visible). Mais un trou noir, qu'il soit en rotation ou pas, de petite taille et de masse stellaire ou géant et supermassif, est rarement « nu » : dans un environnement astrophysique réaliste, il est généralement entouré de matière gazeuse. Celle-ci, entraînée en un mouvement de spirale tourbillonnante, peut former un disque d'accrétion au sein duquel le gaz fortement chauffé émet un spectre de rayonnement caractéristique.

Par ailleurs, un trou noir géant, comme on en trouve au centre de la plupart des galaxies, peut également être entouré d'étoiles en orbite dont il influence le mouvement, voire en briser certaines par les forces de marée gravitationnelles qu'il engendre.

En somme, le trou noir lui-même reste invisible, mais il influence d'une manière caractéristique la matière qu'il attire, suscitant dans son environnement immédiat une importante libération d'énergie, laquelle constitue une signature indirecte de sa présence.

Une autre façon de visualiser un trou noir – qu'il soit entouré ou pas d'un disque d'accrétion – est de calculer le mirage gravitationnel qu'il induit sur un arrière-plan étoilé. Selon la relativité générale, la déviation des rayons lumineux passant au voisinage du trou noir est en effet si forte qu'elle crée des illusions d'optique extrêmes. Celles-ci restent inaccessibles aux instruments, à nouveau faute de résolution angulaire suffisante, mais des visualisations numériques combinant précision scientifique et réalisme astrophysique ont été réalisées dès 2006.

Collisions de trous noirs et ondes gravitationnelles

Les trous noirs peuvent entrer en collision et fusionner

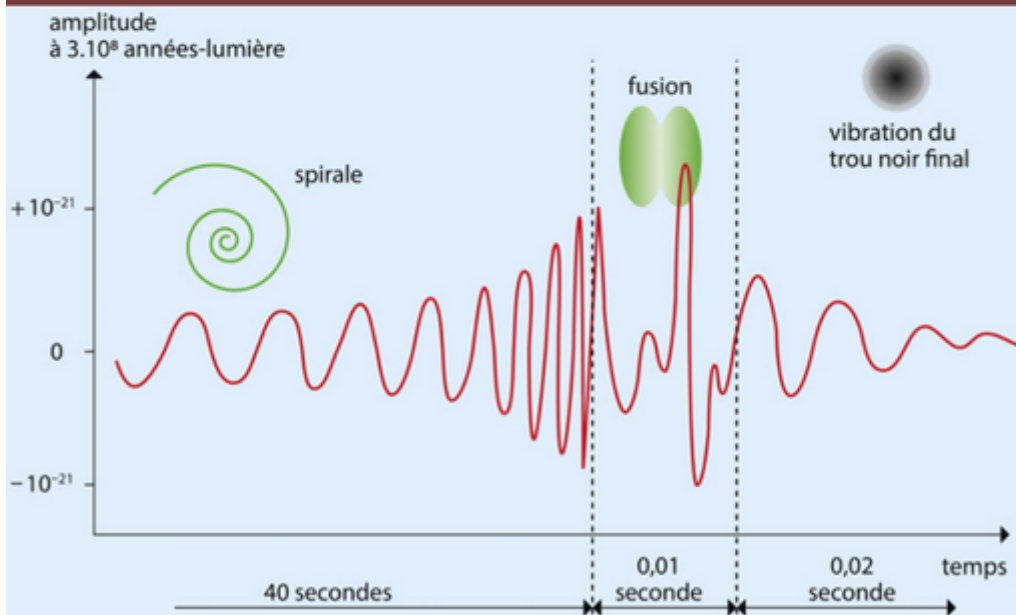
(appelée aussi coalescence) quel que soit la taille de chacun. Cela est repérable par les ondes gravitationnelles dégagées, car une partie de la somme des masses de ces deux trous noirs est convertie en ondes gravitationnelles lors de la fusion.

Selon la théorie de la relativité générale, un couple de trous noirs en orbite l'un autour de l'autre perd de l'énergie en produisant des ondes gravitationnelles et finit par fusionner. Les calculs indiquent que, lors de la coalescence de deux astres très compacts, ces ondes ont une amplitude nettement supérieure à celles émises par effondrement gravitationnel d'un astre isolé de même masse.

Albert Einstein avait prédit dans sa théorie de la relativité générale, que les ondes gravitationnelles sont de légères perturbations subies par la trame de l'espace-temps sous l'effet du déplacement à très grande vitesse d'objets de grande masse. Elles se propagent à la vitesse de la lumière et voyagent pendant des milliards d'années sans que rien ne les altère.

La fusion de deux trous noirs donne un trou noir unique, dont la masse est inférieure à la somme des masses des deux parents, la différence d'énergie étant évacuée précisément par les ondes gravitationnelles.

Selon les simulations numériques, la coalescence de deux trous noirs stellaires engendre des ondes gravitationnelles (courbe rouge) caractéristiques des différentes phases du mouvement. D'abord, au fur et à mesure que les trous noirs s'approchent l'un de l'autre en spirale, les ondes gravitationnelles délivrées présentent une amplitude de plus en plus grande. Lors de la fusion des deux trous noirs, qui s'effectuent en une fraction de seconde, elles atteignent leur amplitude maximale. Le trou noir final évacue ses irrégularités et cesse rapidement d'émettre des ondes gravitationnelles.



LE SAVAIS-TU ?



DERNIÈRES NOUVELLES !

(extrait de Futura du 16 février 2023)

"C'est peut-être une bombe qui vient d'exploser dans le monde de la cosmologie et de la physique théorique, bien qu'il soit encore trop tôt pour le savoir.

On a proposé il y a des décennies que les trous noirs pouvaient constituer la matière noire et il y a quelques années, c'est l'hypothèse qu'ils constituent l'énergie noire qui a été avancée. Un groupe de chercheurs vient de fournir des observations qui confortent cette hypothèse qui implique aussi que tous les trous noirs prennent de la masse du simple fait de l'expansion du cosmos observable".



Pour plus de précisions sur la matière noire et l'énergie noire, ton serviteur te renvoie à l'article en trois parties qu'il a consacré à ce sujet sur RR en cliquant [ici](#).



C'est fini ! A lire et relire pour bien digérer.

A la prochaine, bye, bye !

Professeur Têtenlair