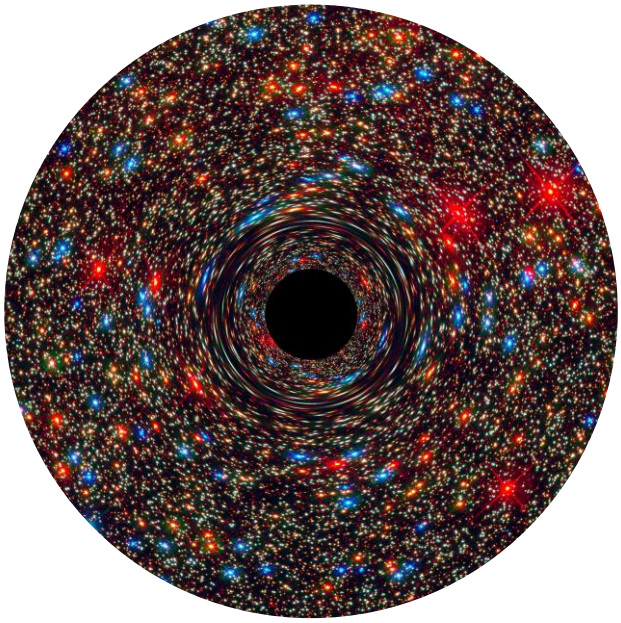
Le point obs



Credits: NASA, ESA, and D. Coe, J. Anderson, and R. van der Marel (STScI)

Observatoire de la Lèbe

Faisons le point ensemble tous les 2 mois sur l'actu !

Sujet « : Les trous noirs primordiaux de Hawking sont-ils présents dans notre cosmos ? »

>>> Vous avez 4 h

Synthobs du sujet :

* Les cosmologistes et astrophysiciens pensent avoir repéré des indices concernant les trous noirs primordiaux, objets astrophysiques encore théoriques.

* Cette classe de trou noir est extrêmement difficile à trouver. De plus, la durée de vie des moins massifs d'entre eux n'excéderait pas … une fraction de seconde !

* Grâce à la masse énorme de l'amas de Pandore situé à 3,5 milliards d'années lumières et comprenant nombre de galaxies, le télescope spatial James Webb a observé en arrière-plan des astres lumineux lointains et mystérieux, jusqu'à au moins 4 gigaparsecs.

* Dans la première hypothèse, l'objet Abell 2744-QSO1 ferait partie des « little red dots », des astres rouges et compacts. Les scientifiques pensent que ce sont des galaxies primordiales, avec un trou noir primordial en leur centre.

* Dans la 2e hypothèse, ces « little red dots » seraient des amas d'étoiles avec énormément de poussières, donnant une couleur rouge.

* Ces trous noirs primordiaux seraient de véritables graines semées dans le jardin galactique.

* En attendant de jardiner, faisons le point sur toutes ces étrangetés, et sur un scientifique de renom !

Explications par l’équipobs !

En premier lieu, qui était Stephen Hawking ?

-> Eminent physicien théoricien, atteint de la maladie de Charcot et qui nous a quitté en 2018, ses travaux étaient mondialement reconnus.
Ils portaient sur nombre de domaines aussi bien en physique, en mathématique, ou encore en cosmologie.

Parmi eux, des travaux sur la forme de l’Univers, le temps, ou encore les trous noirs.
L’une de ses découvertes les plus importantes , concerne le rayonnement dit « de Hawking ».
Il a écrit plusieurs ouvrages, notamment l’un de ses best-seller « Une brève histoire du temps ».

-> Premier réflexe après votre lecture de la fin de ce paragraphe :

Vous rapprocher de votre libraire préféré -> « Une brève histoire du temps » -> Procéder au paiement
Bonne lecture !

Dans un second temps , je vais tenter d’expliquer au mieux les trous noirs. Même si l’envie est grande, je ne pourrais pas développer tout l’aspect technique, afin de ne pas vous perdre définitivement.

Gardez bien à l’esprit que même si le sujet des trous noirs est fascinant, il est l’un des plus complexes à s’approprier.

Sur un escalier de difficulté de 50 marches, les trous noirs pourraient se positionner à la 48e.
A moins d'avoir un jet pack, vous ne pouvez pas monter à la 48e marche en partant de la 1ère !

En avant, pour notre tour d'horizon des événements !

*** Les trous noirs stellaires : les p'tiots !**

Ils sont issus de l'effondrement d'une étoile très massive, en fin de vie, une fois le stade de supernova passé. Ces trous noirs sont petits, quelques kilomètres de diamètre d'horizon, mais avec une masse comprise entre 3 et 100 fois celle du Soleil ! Ils sont donc très compacts.

Une supernova, est une étoile très massive, à la toute fin de sa vie, qui expulse très violement ses dernières couches de gaz, sous l'effet de la gravitation.

La luminosité propre d'une supernova est généralement supérieur à la galaxie qui l'abrite.
Une véritable torche cosmique !

Si le cœur résiduel de l'étoile massive a une masse d' au moins 3 fois celle du Soleil, alors celui-ci se contractera jusqu'à former un trou noir, sous l'effet de la force de gravité (la même que vous remerciez quand vous tombez de l'échelle). L'étoile, pendant la majeure partie de sa vie, repose sur un équilibre subtil entre la pression de radiation qui a tendance à dilater ses couches de gaz, et la gravité, qui a tendance à la contracter sur elle-même. Pour la formation d'un trou noir stellaire, la gravitation prendra le dessus sur toutes les autres forces.

Il existe un cas particulier : lorsque deux étoiles à neutrons (cadavres d'étoiles massives principalement composés de neutrons) entrent en collision, la force et l'énergie induites par le choc sont telles que la formation d'un trou noir est inévitable.

Invisibles par nature, les trous noirs stellaires sont repérés indirectement grâce à une déformation importante de l'espace-temps autour d'eux, à une émission de rayons X, ou au siphonnage d'une étoile compagne. Cygnus X-1, à 5 000 années lumières d'ici, est le premier trou noir stellaires confirmé.

Encadrobs 1 : Attention, les trous noirs ne sont pas des aspirateurs cosmiques !

Si vous remplaciez le Soleil par un trou noir de masse rigoureusement identique à celui-ci et à exactement la même distance de la Terre, il ne se passerait strictement rien au niveau de la trajectoire de notre planète.
Juste… Nous n'aurions plus aucune lumière ni aucune chaleur. Que de problèmes en perspective !

La **force de gravitation** entre deux corps, est uniquement dépendante de leur masse, et varie avec le carré de la distance qui les sépare.

Attention à bien distinguer la **masse** du **poids** :

Le poids est une **force**, la masse une **grandeur scalaire**, mesurant l'ensemble de la matière qui vous compose.
Sur la balance, c'est votre masse (en kilogrammes) qui est mesurée et non votre poids (en newtons).

* Les trous noirs supermassifs : Les mastodontes !

Se trouvant dans la très grande majorité des galaxies de l'Univers, ils peuvent avoir une masse de plusieurs milliards de fois celle du Soleil !

Il y en a généralement un seul de ce type dans chacune des galaxies spirales, spirales barrées et elliptiques de l'Univers, en leur centre.
Les galaxies irrégulières n'en ont vraisemblablement pas.

La plupart du temps, ils sont détectés indirectement, en analysant le mouvement des étoiles qui gravitent à proximité autour d'eux, parfois grâce à leur disque d'accrétion ou à des jets de rayons X. Ces étoiles ont donc une vitesse orbitale très élevée.

Pour rappel, les galaxies sont des rassemblements gigantesques d'étoiles, de nébuleuses, de planètes, de gaz, de poussières, de trous noirs, de matière sombre et de bien d'autres choses.

Les galaxies, sont majoritairement composées de quasi-vide (en moyenne 1 atome par $cm^{3)}$, mais aussi (surtout pour les spirales et spirales barrées) de matière noire.

Le trou noir au centre de la Voie Lactée, fait plus de 4 millions de fois la masse du Soleil, pour un horizon des évènements (je reviendrai sur ce terme plus tard) mesurant environ la moitié de l'orbite de Mercure.

L'un des plus gros trous noirs supermassifs connus se nomme TON 618 : il fait 66 milliards de fois la masse du Soleil, et pourrait largement engloutir le Système Solaire !

La formation des trous noirs supermassifs, bien que débattue encore aujourd'hui, serait due à un effondrement gravitationnel, mais pas d'une étoile. Il s'agirait plutôt de la contraction de nuages de gaz gigantesques, présents au début de l'Univers.

En effet, les galaxies et les trous noirs supermassifs sont pour la plupart très vieux, et ont seulement quelques centaines de millions d'années de moins que l'Univers lui-même (13,77 milliards d'années).

Cependant, une zone d'ombre persiste :

Les trous noirs supermassifs se sont-ils formés en premier , et ensuite le reste de la galaxie autour , formant une structure cohérente ?

Ou alors la galaxie s'est-elle déjà en partie formée, avant l'apparition de son trou noir central suite à un effondrement ?

Vous l'avez compris, c'est comme l'œuf et la poule.

Les deux catégories de trous noirs susmentionnées sont totalement confirmées, depuis de nombreuses années par l'ensemble de la communauté scientifique.

Même s'ils sont détectés de manière indirecte le plus souvent, il existe néanmoins deux images officielles de trous noirs supermassifs , grâce à l' Event Horizon Telescope :

- M87* dans la Vierge
- Sagittarius A* au cœur de la Voie Lactée.

Les trous noirs sont des astres compacts, et non nécessairement denses. Les plus massifs ont à peine la densité de l'air ! En pénétrant dans de tels trous noirs (en supposant que vous soyez invincibles à la température de leur disque d'accrétion), vous ne sentirez rien au début.

Mais pas question de faire demi-tour, vous êtes fichus !

Encadrobs 2 : La **masse volumique** d'un solide, d'un liquide ou d'un gaz se définit comme sa masse divisée par son volume.

La **densité** est le rapport entre sa masse volumique et une masse volumique de référence.
C'est une grandeur sans dimension et sans unité.

Souvent, l'une des 2 masses volumiques utilisées dans le calcul est une masse volumique de référence :
Soit celle de l'air (1,2 kg/m^3 à 1 bar et 20°C)
Soit celle de l'eau (1 kg/m^3 à 4°C)

Les trous noirs intermédiaires : les enquiquineurs !

Ce chainon manquant donne bien du fil à retordre aux scientifiques. Leur origine est encore incertaine, mais il semblerait que des candidats aient été découverts.

Il s'agit de trous noirs dont la masse est supérieure à 100 fois celle du Soleil mais inférieure à 1 million de fois.

L'une des hypothèses retenues pour expliquer leur origine, serait qu'ils se forment à la suite de la fusion de plusieurs trous noirs stellaires.

Il est difficile de les détecter (même indirectement), car ils sont rares, beaucoup moins massifs que les trous noirs galactiques et bien moins actifs qu'eux.

Les zones de recherches privilégiées pour détecter ce type de trou noir sont les amas globulaires, très denses en étoiles, et qui sont de plus liées entre elles par la gravité.

Comprendre les intermédiaires permettrait d'en apprendre d'avantage sur leur formation et leur évolution. Plusieurs d'entre eux peuvent-ils fusionner pour former un supermassif ? La question reste ouverte.

Quelques candidats potentiels sont envisagés.
Un exemple se trouverait dans l'amas globulaire M4, dans la constellation du Scorpion.
Celui-ci ferait environ 1 000 fois la masse du Soleil, et se trouverait à environ 6 000 années lumières de distance.

Encadrobs 3 : 1 **année-lumière** est la distance parcourue par la lumière en un an, à 300 000 km/s dans le vide. Soit près de 9 500 milliards de kilomètres ! Atchoum

Je précise dans le vide, car la vitesse de la lumière, comme celle de toutes les **ondes électromagnétiques**, est fonction du milieu traversé.

Dans l'air, la vitesse de la lumière est à peine plus faible. Mais dans l'eau, la vitesse de la lumière n'est plus que d'environ 75% de sa vitesse dans le vide.

Souvenez-vous de vos cours de physique !
(Sauf si vous dormiez, en attendant désespérément la fin du cours ou la retraite du professeur).

Les trous noirs primordiaux : Les fantômes !

Ces astres hypothétiques n'ont pas encore été découverts. Ils seraient apparus très tôt dans l'Univers (à peine une seconde après le Big bang), lorsque la densité de l'Univers était prodigieuse, et qu'il y eut des variations de densité.

L'origine de ces mini trous noirs a été théorisée en détail, il y a une cinquantaine d'année, par Stephen Hawking.

Les scientifiques se cassent les dents dessus, mais ils pourraient constituer des candidats sérieux pour expliquer la matière noire, cette masse mystérieuse dont on sait si peu de choses, si ce n'est qu'elle est invisible…

Encadrobs 4 : Les trous noirs ne sont pas des « trous ». Ils sont la manifestation d'une déformation extrême de l'espace et du temps autour d'eux (espace-temps). Toute leur masse se concentre en une seule zone, **leur singularité centrale.**

Le trou noir est d'une compacité telle que la **vitesse de libération** requise, une fois leur **horizon des évènements** franchit, est supérieure à la vitesse de la lumière dans le vide, d'où le fait qu'ils soient noirs.

Attention : La lumière n'est pas sujette à la gravitation exprimée selon Newton, car elle ne possède aucune masse.

En revanche, la relativité générale nous enseigne que toute masse courbe l'espace autour d'elle. Les ondes, en se propageant, s'adaptent donc à la métrique de l'espace-temps induite par les différentes masses. Cette métrique se courbe à l'infini au niveau de la singularité centrale d'un trou noir. Un voyage sans retour !

En conclusion

Les trous noirs sont des astres si fascinants, que je pourrais vous en parler toute une vie. Le seul moyen d'en ressortir vivant reste par l'imagination.

À la fois très complexes et très simples, 3 lettres peuvent entièrement décrire un trou noir : m, j, q avec :

m : masse
j : moment cinétique
q : charge

Bon stop avec les maths mon gars, c'est une conclusion.

En vous remerciant d'être parvenu jusqu'à la fin de notre article, nous vous retrouvons dans 2 mois !

Kévin pour la rédaction

Cécile, Virginie et Laurent pour la relecture attentive.

© Observatoire de la Lèbe