

Le ciel nocturne d'Octobre.



La Science-Fiction mythifie les Trous Noirs en les représentant dévoreur de leur environnement, ou machine à voyager dans l'espace-temps (Interstellar (USA / 2014)).

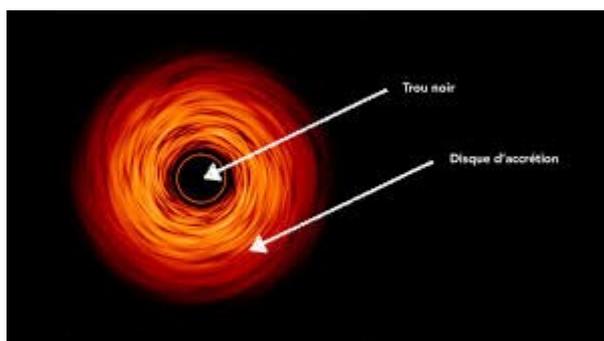
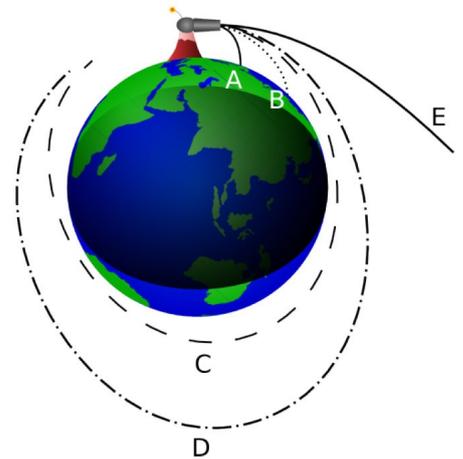
Vous n'en verrez pas en scrutant le ciel, mais les Trous Noirs existent bel et bien: cependant, sous de nombreux aspects, ces objets fascinants restent mystérieux.

Les Trous Noirs

Nous avons vu - dans le Ciel Nocturne de Juillet - que tout objet, situé à une distance donnée (D) d'un objet massif, doit atteindre une vitesse minimum pour se libérer de l'attraction de cet objet massif. Cette vitesse est appelée **vitesse de libération**.

Que se passe-t-il si la vitesse de libération égale la vitesse de la lumière ?

Dans ce cas, tous les objets plus proches de l'attracteur (à une distance inférieure à D) devront avoir une vitesse supérieure à la vitesse de la lumière pour se libérer de l'attracteur. Ce qui est physiquement impossible !



Structure d'un Trou Noir (vue d'artiste)

Cela signifie que tout objet s'approchant d'un objet massif à une distance inférieure à D ne peut pas échapper à son attraction.

Ces objets massifs existent : ce sont les **Trous Noirs** (TN). La distance D est appelée « **Horizon des évènements** »

Ils sont noirs parce que rien ne sort de la sphère délimitée par l'horizon des évènements, y compris la lumière.

Mais les Trous Noirs ne sont pas vides (comme les vrais trous) ! Les petits TN atteignent des densités très élevées, inconnues sur Terre. (Toutefois les TN les plus massifs ont une densité de l'ordre de celle de l'eau).

Ce qui se passe à l'intérieur de cette sphère délimitée par l'horizon des évènements reste un mystère.

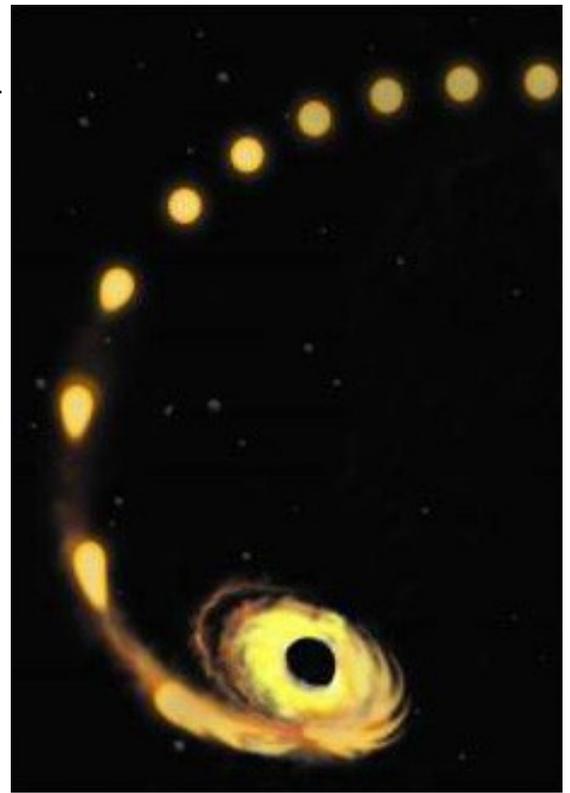
Est-il dangereux de s'approcher d'un Trou Noir ?

Non, tant que l'horizon des évènements n'est pas franchi.

Les TN sont des objets massifs qui obéissent aux lois de gravitation universelle : si le Soleil était remplacé par un TN de masse équivalente, les trajectoires des planètes seraient inchangées. Cependant la Vie, en absence du rayonnement de notre étoile, ne serait pas apparue sur Terre ...

En revanche, proche de l'horizon des évènements, les forces de marées disloquent les corps. **Le franchissement de l'horizon est un voyage sans retour.**

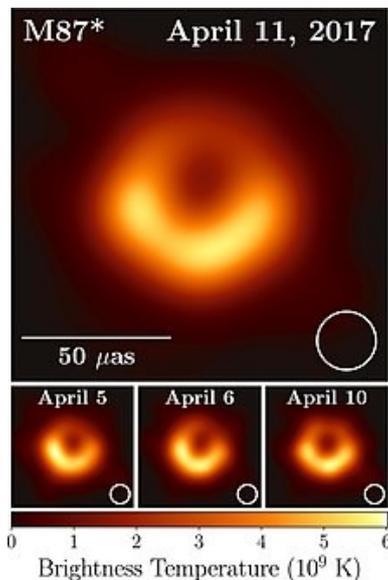
Un TN est une mauvaise destination pour le tourisme spatial : le touriste ne pourrait jamais revenir. (tant mieux, ses selfies feraient peur !).



TN absorbant une étoile (vue d'artiste)

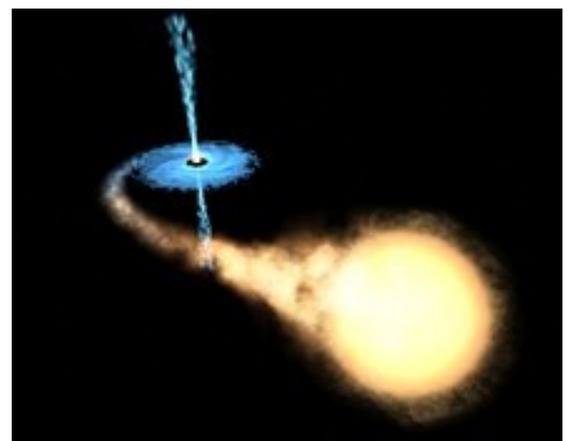
Comment détecte-t-on les Trous Noirs, puisque rien n'en sort et qu'ils sont donc inobservables ?

Les TN sont observés indirectement. Leur présence peut être mise en évidence par calcul à partir des trajectoires des étoiles voisines. **Sagittarius A**, le TN au centre de notre galaxie (La Voie Lactée) est identifié par cette méthode.



Certains TN forment un système binaire avec une étoile. Lorsque l'étoile est très proche du Trou Noir, la matière de l'étoile est absorbée par le TN. Ce phénomène forme un **disque d'accrétion** très lumineux, observable par les instruments. La reconstitution photographique du **TN M87*** a fait la une des journaux en 2017.

L'absorption de matière peut également être accompagnée de jets de plasma, phénomène prédit par le physicien théoricien **Stephen HAWKING**. Ces jets génèrent des rayons X détectables.



Jets de plasma (vue d'artiste)

Enfin, la fusion de deux TN génère des **ondes gravitationnelles**.

Ce cataclysme, certainement le plus violent dans l'Univers, dure moins d'une centaine de millisecondes.

Après 30 ans de développement, **les interféromètres géants LIGO (US)/VIRGO (France & Italie)** a capté pour la première fois ces ondes gravitationnelles le **14 Septembre 2015 10h15 UTC**.



L'analyse des signaux permet de déterminer la direction et les caractéristiques des TN ayant fusionné. Depuis cette date, des centaines d'évènements ont été enregistrés. **Le futur interféromètre spatial LISA**, constitué de 3 satellites, sera opérationnel vers 2035.

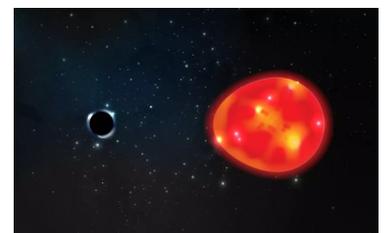
Les catégories de Trous Noirs.

La masse des TN est évaluée en masse solaire (MS, soit 2×10^{30} kg). Pour mémoire le diamètre du Soleil est 1,4 million de km.

Les **Trous Noirs Stellaires**, avec des masses comprises entre 5 et 100 MS, sont les plus petits TN observés.

En fin de vie nucléaire, une étoile s'effondre sous l'effet de sa propre gravité (nous aurons l'occasion d'y revenir). Si la masse de l'étoile est supérieure à environ 3 MS, cet effondrement génère un TN stellaire.

Le TN "**Unicorn**" (vers la constellation de la Licorne) est à la fois le plus petit TN observé (2,7 MS) et le plus proche de la Terre (1 500 années-lumière). Avec un horizon des évènements d'un diamètre de 16 km, il couvrirait Paris.



*Le système binaire Unicorn (vue d'artiste)
À gauche : le TN; à droite, l'étoile déformée par l'effet de marée.*



M33 X7, en direction de la constellation du Triangle, est également un système binaire : un TN de 16 MS grignote une étoile de 40 MS. Son horizon des évènements d'un diamètre de 92 km couvrirait la Corse.

Les **Trous Noirs Intermédiaires** ont une masse comprise entre 100 et 1 million MS.

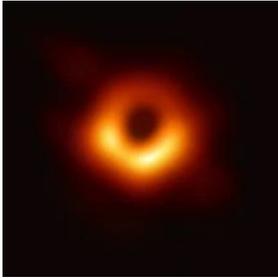
GW190521 est le plus gros TN intermédiaire observé à ce jour. Il est situé à 7 milliards d'années-lumière vers la constellation de la Chevelure de Bérénice. D'une masse de 142 MS, il résulte de la fusion de 2 TN détectée par ondes gravitationnelles le 21 mai 2019. Son horizon des évènements couvrirait l'Allemagne.

De nombreux TN de masse inférieure à 150 MS ont été identifiés.

Mais aucun TN Intermédiaire n'a été observé au delà de 150 MS : cette lacune dans la population n'est pas expliquée.

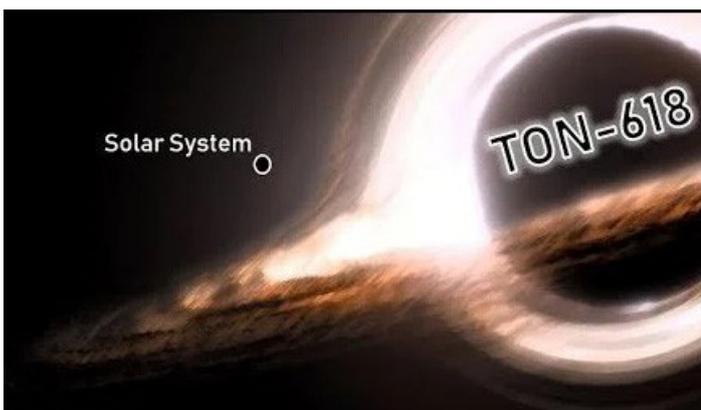
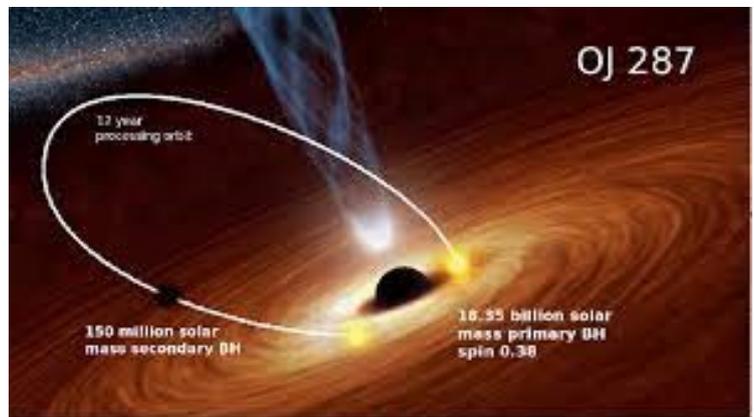
Les **Trous Noirs Super Massifs (TNSM)** ont des masses supérieures au million MS. Le mécanisme de formation de ces monstres n'est pas expliqué (L'Univers n'est pas assez vieux pour envisager une formation par fusion).

Il est accepté dans la communauté scientifique que chaque grosse galaxie abrite un TNSM. **Sagittarius A** siège au centre de notre galaxie, en direction de la constellation du Sagittaire. D'une masse de 4 millions MS, le diamètre de son horizon des événements mesure 17 diamètres solaires. Calme et stable, il a été identifié par calcul.



Le célèbre **M87*** est un TN super massif, dont la masse représente 6,5 milliards MS. Il se trouve à 55 millions d'années-lumière de notre planète. Son diamètre couvrirait le système solaire. C'est le premier TN à avoir été imagé par interférométrie VLBI le 10 Avril 2019.

OJ287 est un système binaire de TN en orbite l'un autour de l'autre. Un TN 40 fois plus massif que Sagittarius A orbite autour d'un TN super massif de 18 milliards MS. Son diamètre logerait 3 systèmes solaires côte à côte.



Taille comparée de TON 618 et du Système Solaire (vue d'artiste)

Enfin, le plus gros TN détecté, **TON 618** : 66 milliards de masse solaires ! Son diamètre logerait 11 systèmes solaires côte à côte ! Et encore, nous le voyons tel qu'il était il y a 10 milliards d'années.

Il est actuellement peut-être encore plus gros !

Contrairement aux étoiles, la taille des TN n'a pas de limite physique : ils peuvent croître indéfiniment et sont les plus gros objets connus de l'Univers.

Rendons hommage au Génie Humain qui réussit à explorer l'Univers sans quasiment bouger de son confetti terrestre.

Les Rendez-vous célestes d'Octobre.

Tout au long du mois, **Jupiter** et **Saturne** continuent leur poursuite dans le ciel nocturne.

De la mi-octobre à la fin décembre, **Vénus** passe d'un beau quartier de taille modeste à un croissant de plus en plus fin et de plus en plus grand.

2 Octobre : Balade nocturne et sensibilisation à la pollution lumineuse, place Bellières à St Orens..

3 Octobre : Vénus à son aphélie (distance au Soleil = 0,72823 UA)

6 Octobre: Nouvelle lune

8 Octobre: Pluie d'étoiles filantes : Draconides (10 météores/heure au zénith; durée : 4,0 jours)

8 Octobre: Lune au périgée (distance géoc. = 363386 km)

9 Octobre: Rapprochement entre la Lune et Venus.

10 Octobre: Pluie d'étoiles filantes : Taurides S. (5 météores/heure au zénith; durée : 71,0 jours).

11 Octobre: Pluie d'étoiles filantes : Delta Aurigides (2 météores/heure au zénith; durée : 8,0 jours).

14 Octobre: Rapprochement entre la Lune et Saturne.

15 Octobre: Rapprochement entre la Lune et Jupiter

20 Octobre : Pleine Lune.

21 Octobre : Pluie d'étoiles filantes : Orionides (20 météores/heure au zénith; durée : 36,0 jours)

24 Octobre : Lune à l'apogée (distance géoc. = 405615 km)



Carte du ciel à Toulouse le 15 Octobre 2021 22h30

Avec et sans les constellations.