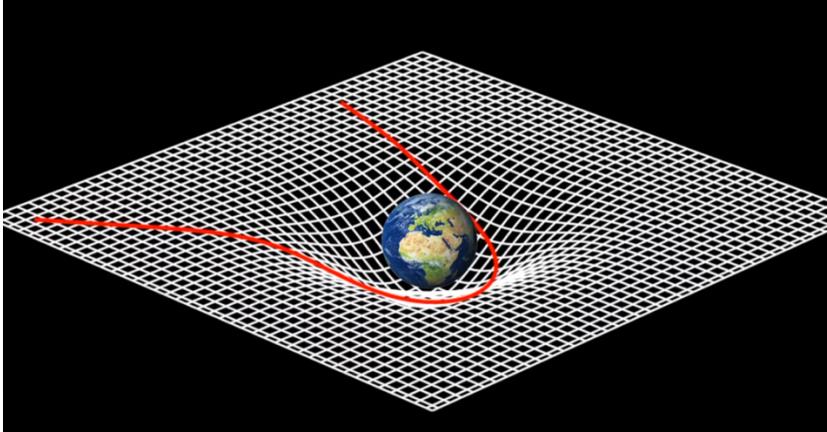


# La relativité générale

Passons, plus en détails, à cette autre relativité qui complète la première.

On peut la résumer par cette image :



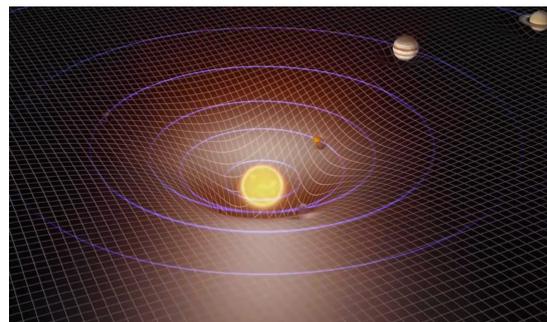
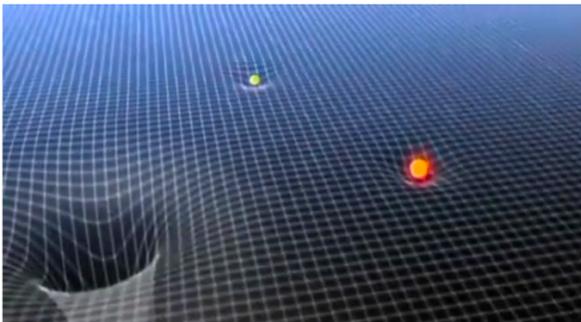
La relativité générale permet d'expliquer que la **gravité**, comme nous l'avons déjà vu, n'est plus une force mais est remplacée par la courbure de l'espace-temps qui devient une chose concrète.

Pour rappel, Newton considérait la gravité comme une force mais les lois de Newton, que l'on utilise toujours actuellement, expliquent les effets de la gravité mais pas **la nature de cette force**.

Avec Einstein, la gravité n'est plus une force inexplicable, ce n'est que la masse de chaque objet qui courbe l'espace qui l'entoure. Il n'y a que des objets qui déforment l'espace et d'autres qui s'y déplacent en empruntant le chemin le plus direct dans cette courbure.

Ces illustrations fonctionnent bien pour expliquer rapidement l'idée.

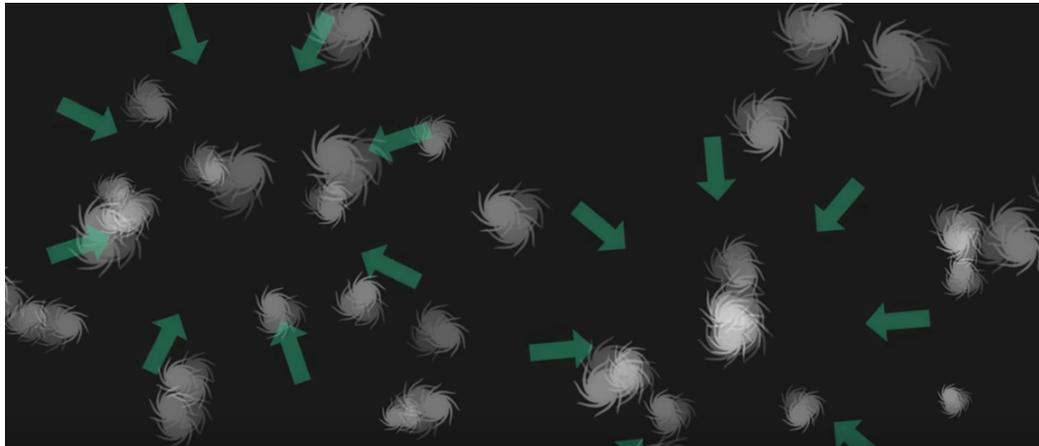
Les corps massifs courbent l'espace-temps et la trajectoire des autres corps, aux alentours. L'espace et le temps se trouvent modifiés du fait de cette courbure.



Mais si on y réfléchit, on est en droit de se demander :  
Que signifie cette courbure que l'on nomme gravité ?  
Dans quoi l'espace est-il courbé ?  
Nous allons essayer de faire la lumière sur tout cela.

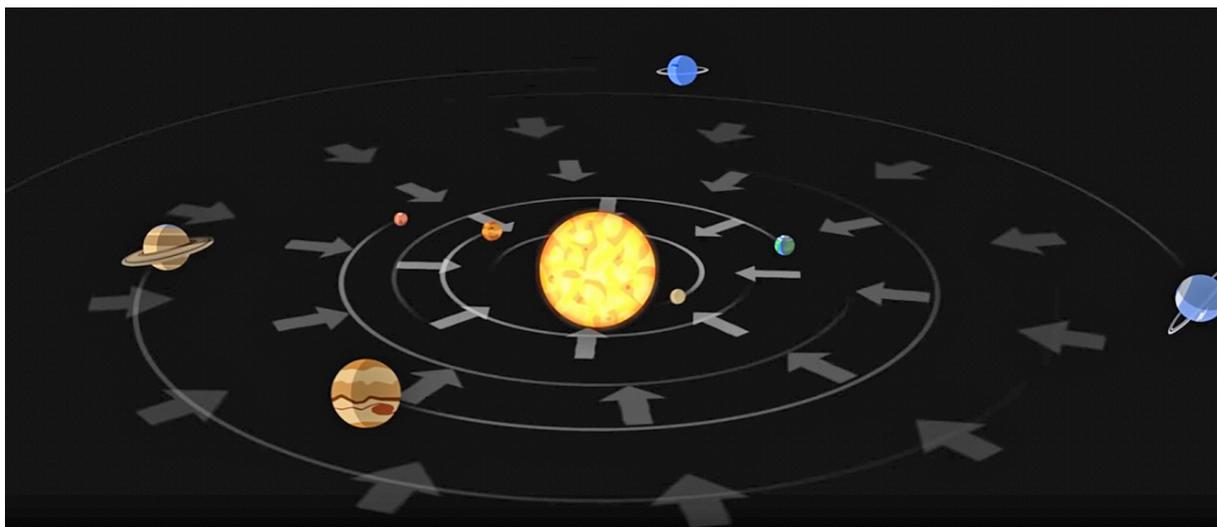
Qu'est-ce que la gravitation ?

La gravitation ou gravité est un phénomène fondamental dans l'univers qui tend à unir les objets entre eux (flèches vertes).



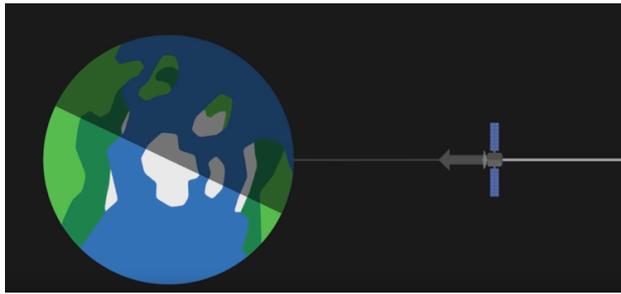
Si la pomme tombe au sol, que la Lune tourne autour de la Terre et que la Terre tourne autour du Soleil, c'est à cause de la gravité qui lie ces objets entre eux, les empêchant de trop s'éloigner les uns des autres.

D'après Newton et logiquement, on pensait donc que la gravitation était une force qui agissait en attirant les objets en fonction de leur masse. Cette représentation de la gravité comme une force permettait de comprendre le comportement des objets lorsqu'ils tombaient ou encore la façon dont les planètes étaient en orbite autour du soleil.

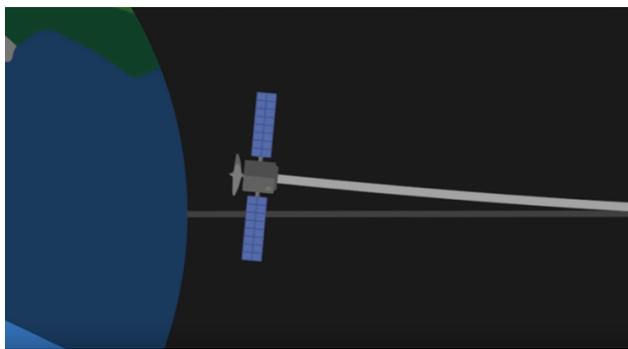


En réalité, certains indices subtils indiquent que la gravitation n'est pas une force.

Par exemple : lorsqu'on observe un satellite en train de tomber sur Terre, si la gravité était une force, il devrait tomber tout droit vers le centre de la planète.



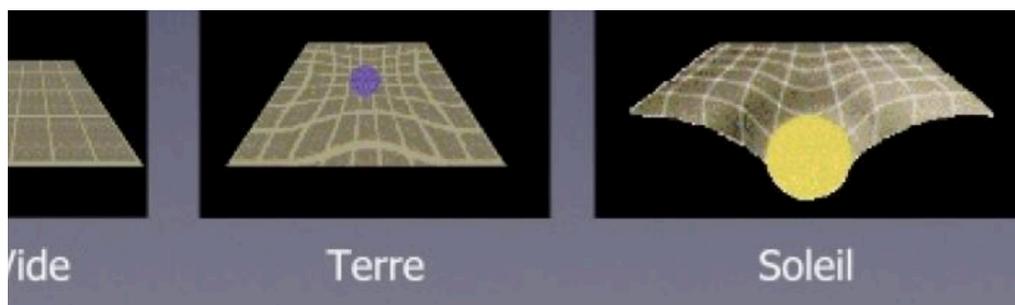
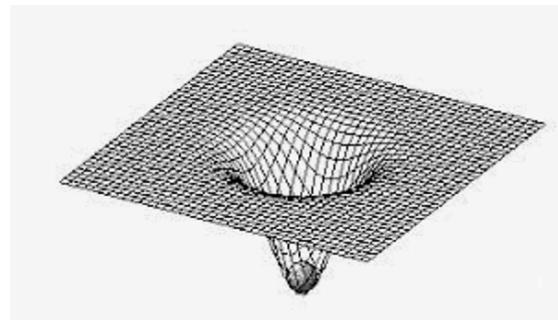
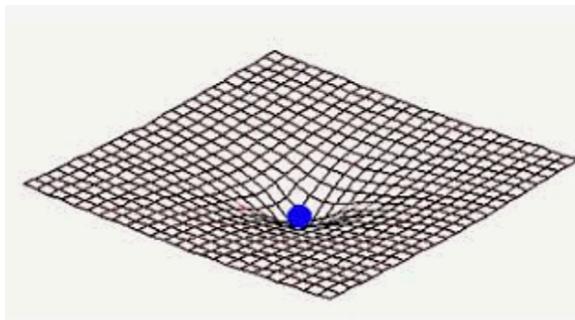
Mais quand on fait l'expérience, on observe que sa trajectoire est très légèrement déviée sur le côté dans le sens de rotation de la Terre.



Si l'on prend en compte cette petite subtilité, on s'aperçoit finalement que la nature de la gravitation est tout autre qu'une force.

La cerner nécessite de revoir entièrement notre vision du monde, de l'univers tout entier ainsi que de l'espace et du temps, et c'est ce qu'on appelle la Relativité générale.

Grâce à cette théorie, Einstein s'est aperçu que c'est le poids ou la masse d'un astre, appelé aussi force de pesanteur, qui induit la force de gravitation exercée par cet astre sur la courbure de l'espace.



C'est pourquoi quand un astronaute marche sur la Lune, il est plus léger. Car celle-ci, ayant une **pesanteur** pratiquement 6 fois inférieure à la pesanteur terrestre, a donc une gravité moins forte, elle s'enfonce moins.

Autre illustration, dès que les astronautes quittent l'orbite terrestre, ils se retrouvent dans un état d'**apesanteur** et flottent librement dans l'air à l'intérieur de la station spatiale, l'ISS. En quittant l'orbite de la Terre, ils ne subissent plus sa force de gravité.

N'étant pas soumis à cette gravité, à bord de la station, les astronautes n'utilisent pas leur musculature durant leur séjour de 6 mois.

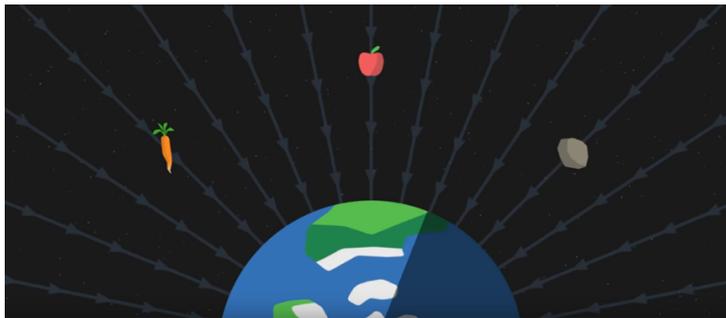
A leur retour sur Terre, ayant perdu une partie de leur masse musculaire, ils ressentent très fortement cette force de gravité terrestre qui attire vers le sol. Une rééducation musculaire leur est nécessaire pour pouvoir remarcher.



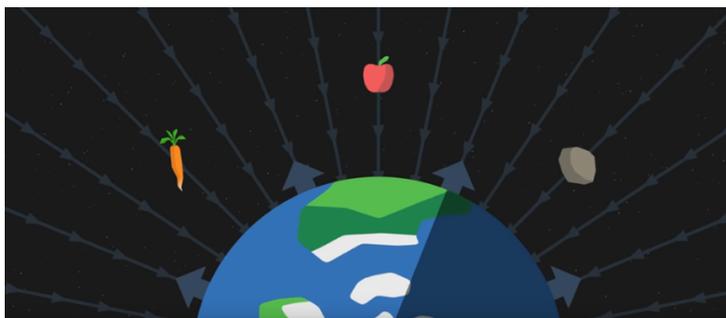
Un autre fondement de la Relativité générale :

Pour se construire, cette théorie se base presque entièrement sur un principe fondateur : le principe d'équivalence.

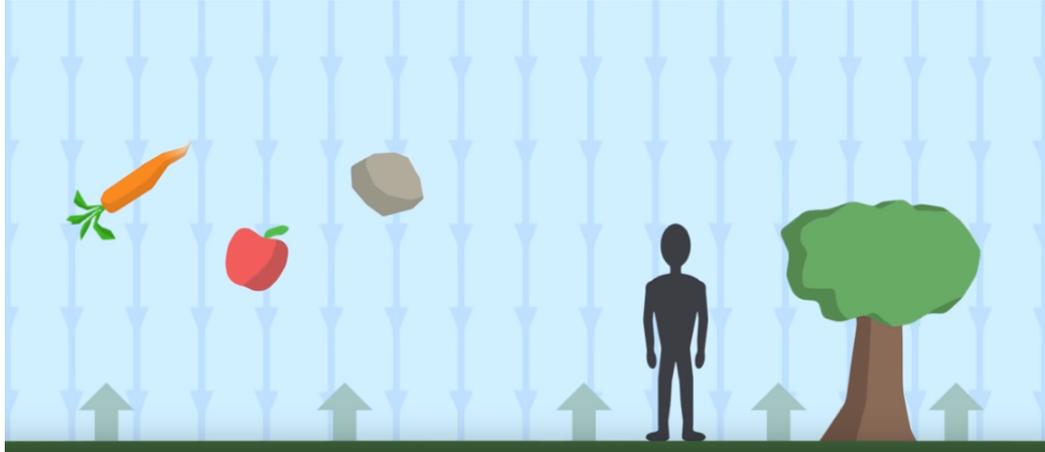
Le principe d'équivalence postule que tous les objets tombent de la même façon, il dit que la chute libre n'est pas l'action d'une force, que ce n'est pas un mouvement accéléré de l'objet en train de tomber mais qu'au contraire, la chute libre est le mouvement naturel des corps.



Lorsque des objets tombent sur Terre, la situation revient à dire que ces objets sont en fait au repos et que c'est, en réalité, le sol qui bouge dans leur direction.



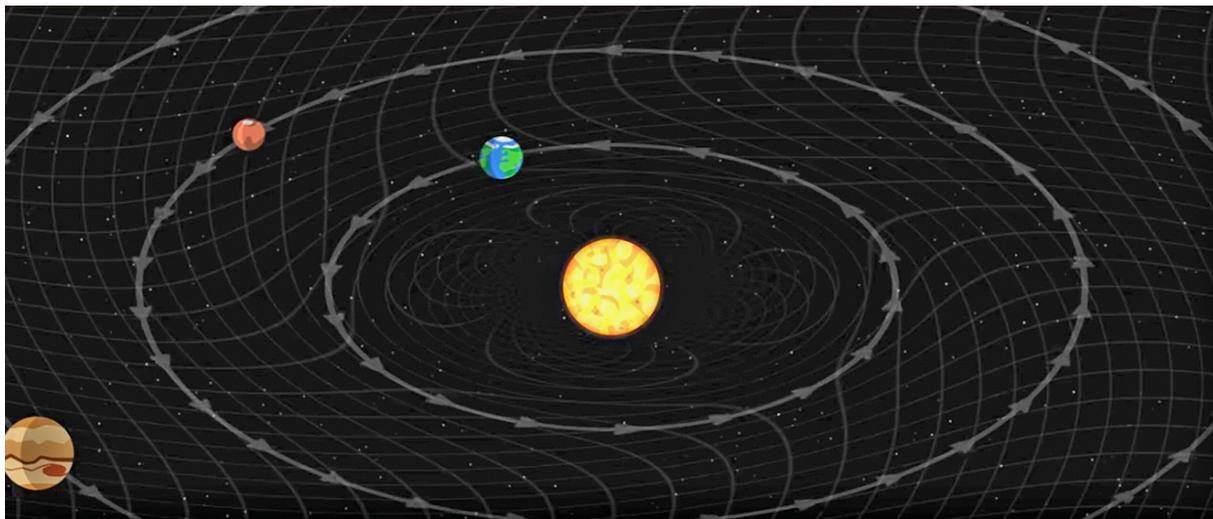
Contrairement à notre intuition naïve, c'est le fait de tomber qui constitue un mouvement naturel, un mouvement de repos, tandis que le fait de rester immobile à la surface de la Terre revient, en réalité, à s'opposer constamment à sa chute, à exercer sans cesse une accélération vers le haut.



C'est d'ailleurs pour cette raison que l'on ne ressent notre poids qu'au moment de toucher le sol. Pendant une chute libre, dans l'espace, notre corps suit son mouvement naturel et ce n'est qu'au contact du sol que l'on prend conscience de notre poids, par cette action dans nos pieds qui vient s'opposer à la chute.

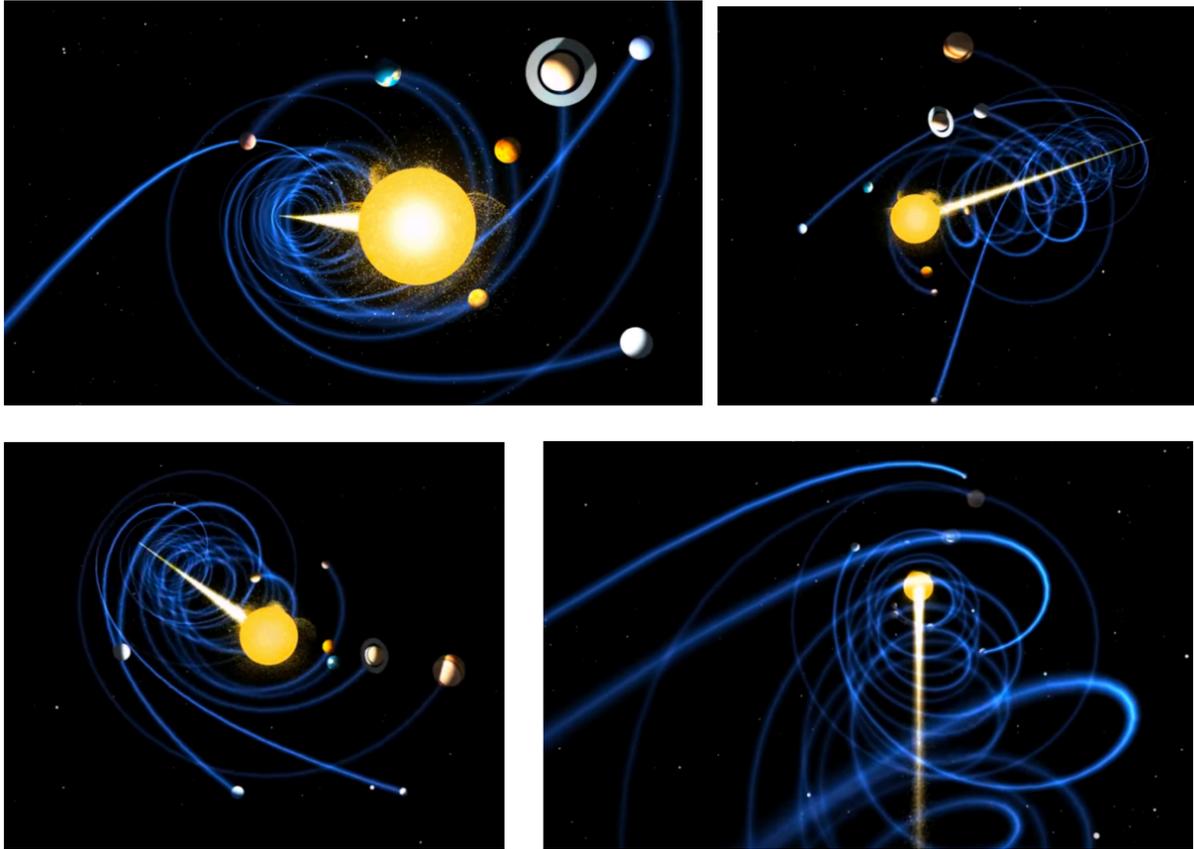
En relativité générale, **la gravitation n'est donc plus une force**, on pourrait presque dire que la gravitation n'existe pas ou tout du moins que **c'est une illusion**.

Si les corps nous donnent l'impression qu'ils tombent et qu'ils s'attirent entre eux, c'est parce qu'ils se déplacent de façon naturelle au repos mais **dans un univers à la géométrie courbée**. Et les corps ne s'attirent pas entre eux, ils ne font que se déplacer en ligne droite.

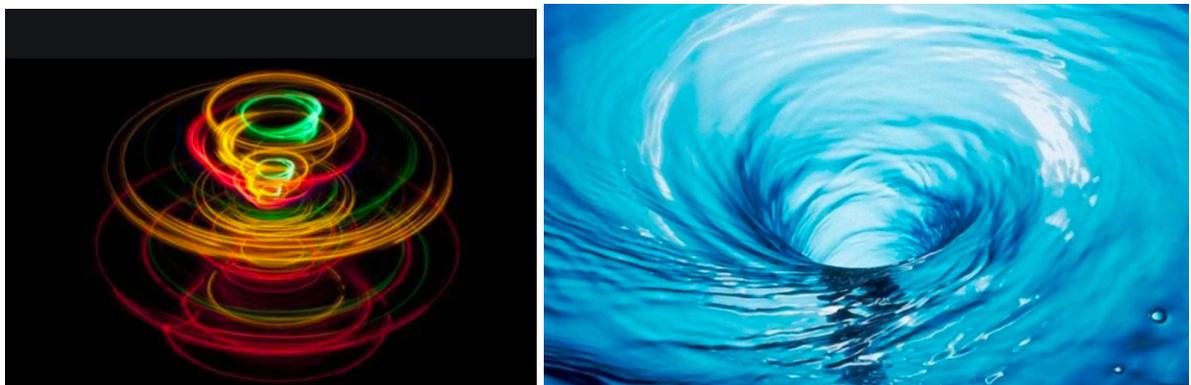


Tous les objets de l'univers (soleils, planètes...) bougent constamment dans l'univers. N'oublions pas que notre galaxie se déplace à la vitesse de 720 000 km/h et que la Terre elle-même orbite autour du soleil à 100 000 km/h.

Ces mouvements forment des spirales, des vortex, dans le milieu de l'espace-temps.



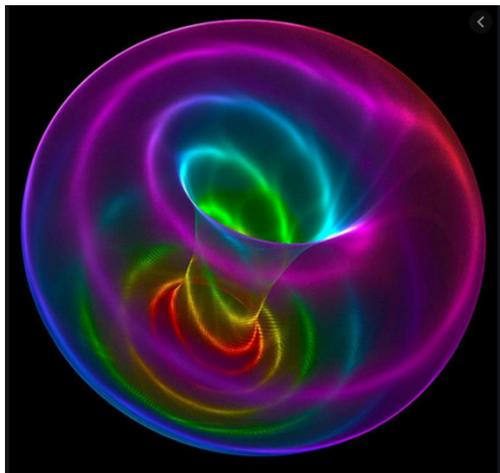
L'espace-temps forme des ondoiements, comme l'eau qui descend dans un drain.



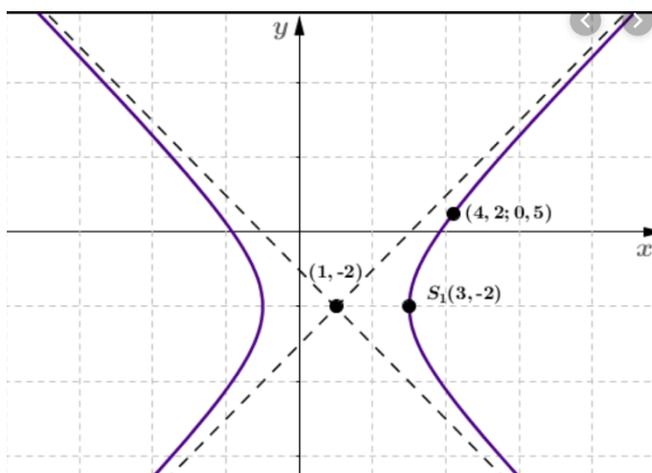
Certains scientifiques donnent une interprétation beaucoup plus précise de la dynamique de la gravité : **un champ toroïdal hyperbolique qui incorpore les forces de Coriolis et le spin.**

Représentation des différents qualificatifs utilisés :

### Toroidal



### hyperbolique

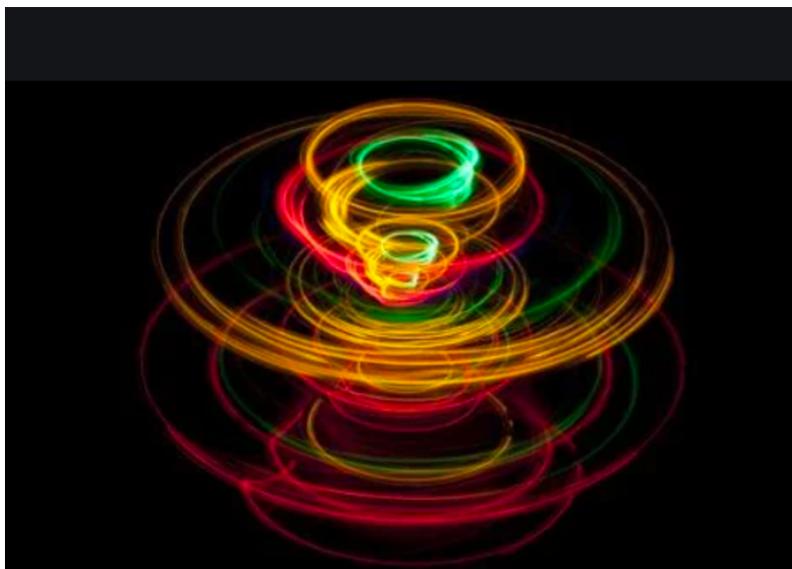


qui incorpore **les forces de Coriolis** :

[https://www.youtube.com/watch?v=8\\_qQ9QK9gEE](https://www.youtube.com/watch?v=8_qQ9QK9gEE)

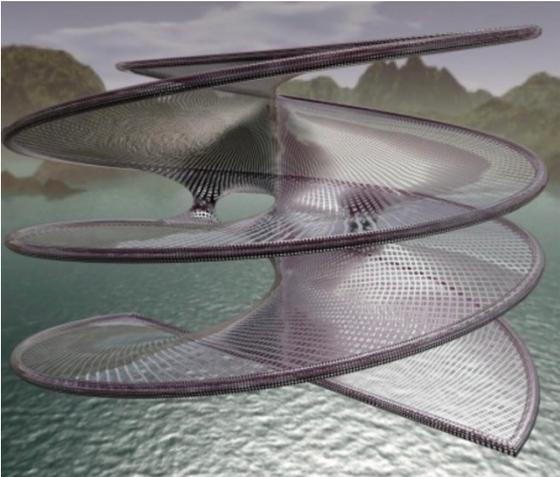
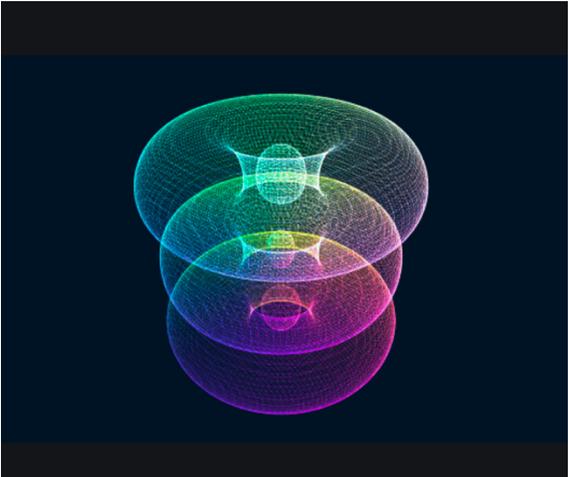
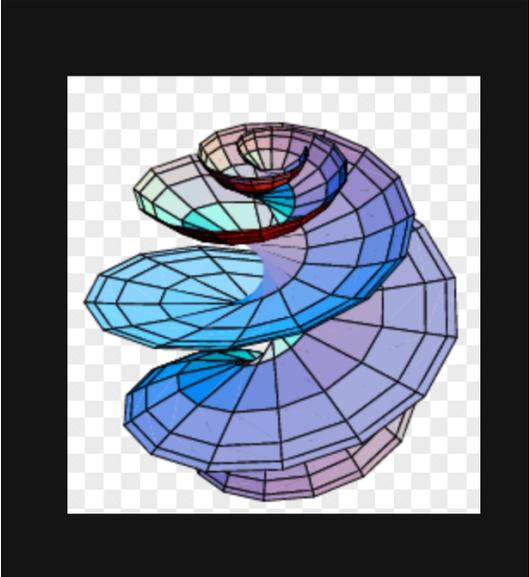
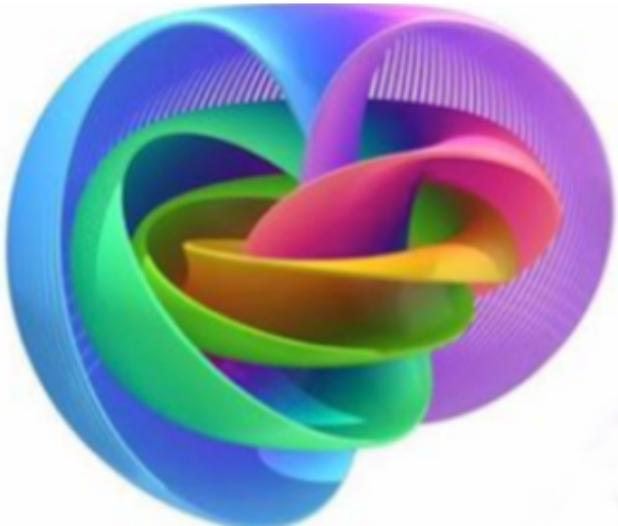
Genius - La force de Coriolis (3 minutes)

et **le spin** (la façon dont se transforment les objets sous l'effet des rotations)



Car l'espace-temps forme des tourbillons, des vagues, comme pourrait le faire un liquide. (Léonard de Vinci en avait déjà l'intuition en faisant un rapprochement entre les boucles de cheveux et le tourbillon de l'eau)

Exemples :

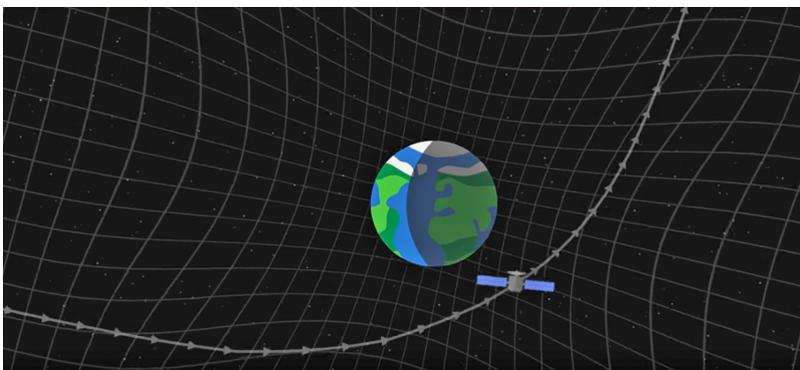


Ainsi, comme un liquide ou une onde, dans la théorie de la Relativité générale, Einstein prédit que lorsqu'un objet se déplace, il crée des ondulations dans l'espace-temps, une déformation de la trame de l'espace.



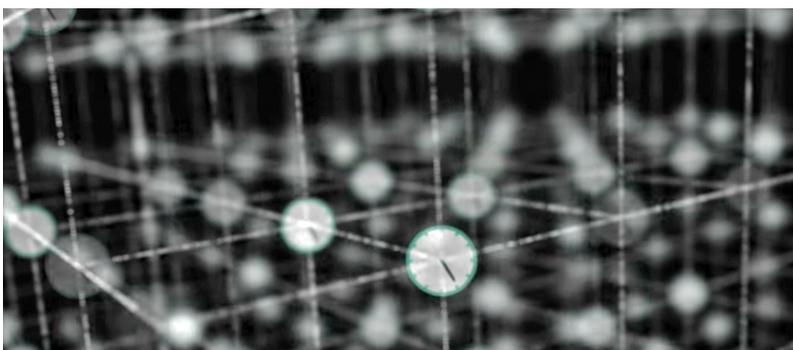
Donc, de par leur masse, les objets courbent l'espace-temps autour d'eux, ce qui influence les trajectoires des autres objets.

Ici le satellite est légèrement dévié de la ligne droite.

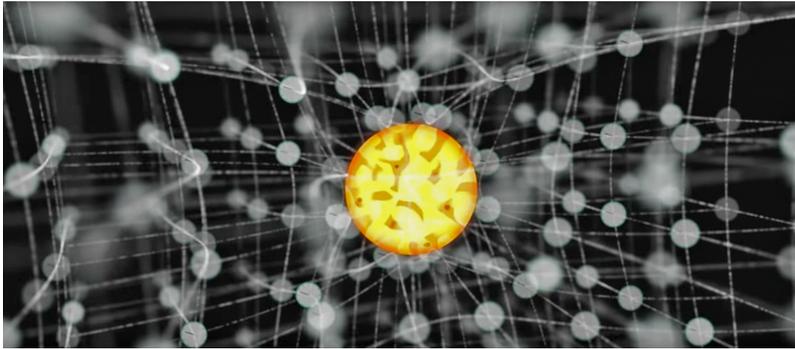


L'idée la plus importante de la relativité générale est que **tous les corps qui possèdent une masse, déforment l'espace-temps autour d'eux.**

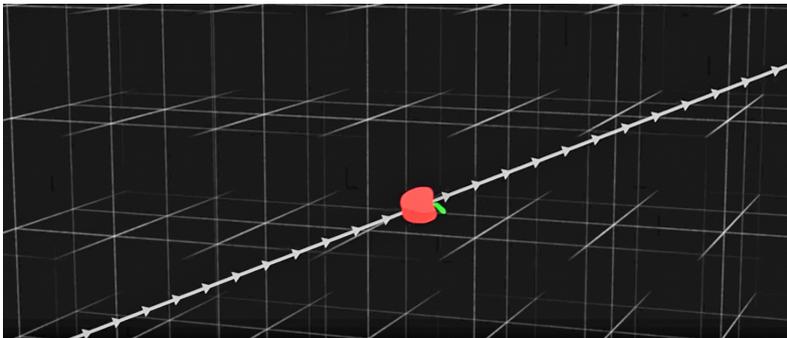
Pour se représenter l'espace-temps, on peut s'imaginer notre univers comme un immense réseau, une grille d'espace et de temps.



Un objet massif va avoir pour effet de déformer cet espace-temps autour de lui. Ainsi les notions de distance, de direction ou encore d'écoulement du temps sont perturbées, altérées par la présence d'un objet.

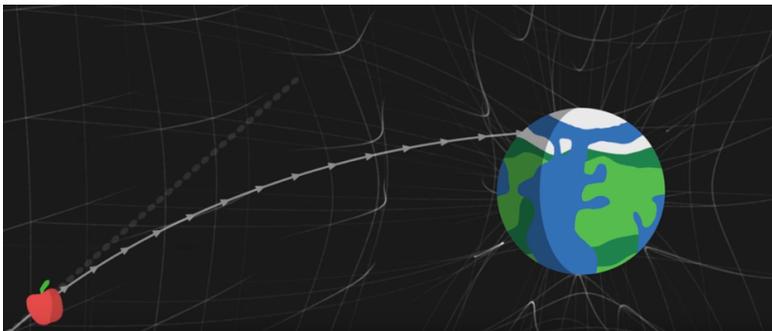


Reprenons : Tout le monde sait que, de façon naturelle, un corps va avoir tendance à se déplacer en ligne droite. Par exemple, ici on lance une pomme au beau milieu du vide intergalactique, elle va continuer sa trajectoire en ligne droite toujours à la même vitesse.



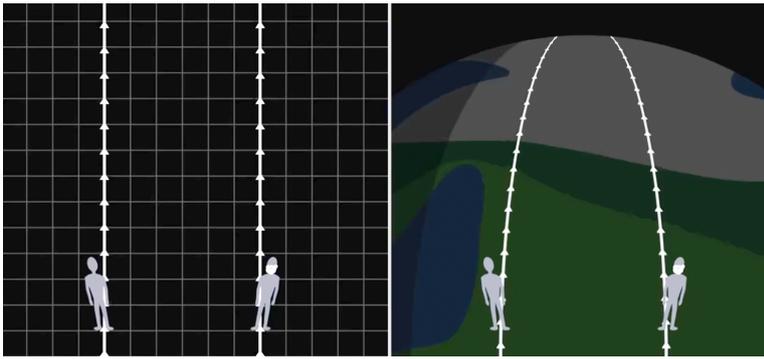
Mais lançons maintenant cette même pomme à proximité d'un objet massif comme la Terre. Comme elle est très massive, la Terre déforme l'espace et le temps, autour d'elle les lignes droites sont désormais distordues, elles se courbent et s'entremêlent en direction de la planète. Ainsi quand on lâche la pomme, elle va partir en ligne droite mais comme les lignes droites ont été déformées par la masse de la Terre, la pomme va progressivement se rapprocher du sol de celle-ci.

C'est cet effet que l'on appelle la gravitation : lorsqu'un corps est très massif, il déforme la structure même de l'univers autour de lui, courbant les lignes droites dans sa direction et par conséquent, tous les objets qui l'entourent vont avoir tendance à suivre ces lignes courbées et à se rapprocher de l'objet.



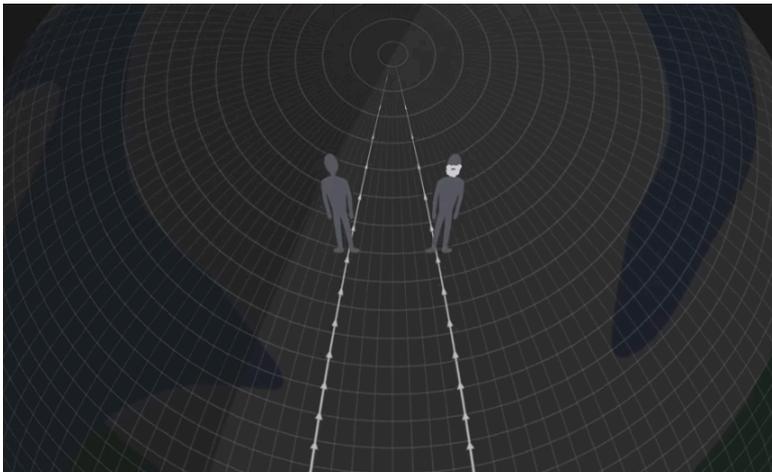
Pour mieux comprendre encore, imaginons, en parallèle, les deux situations suivantes : D'une part, deux observateurs se déplacent en ligne droite vers le haut à la surface d'un plan c'est-à-dire une surface non courbée.

D'autre part, les deux observateurs se déplacent en ligne droite en direction du nord mais à la surface de la Terre qui est une sphère et donc cette fois-ci, une surface courbée.

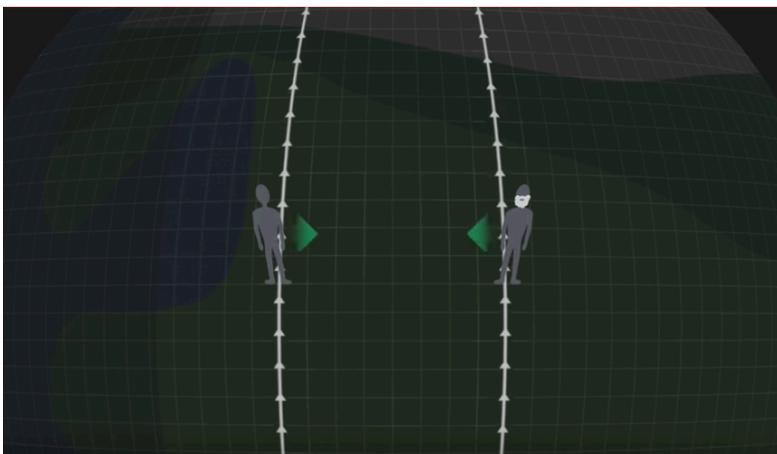


Dans la première situation, pour la surface non courbée, les deux observateurs vont se déplacer en ligne droite, de manière parallèle, ils ne vont, de cette façon, jamais se rapprocher l'un de l'autre.

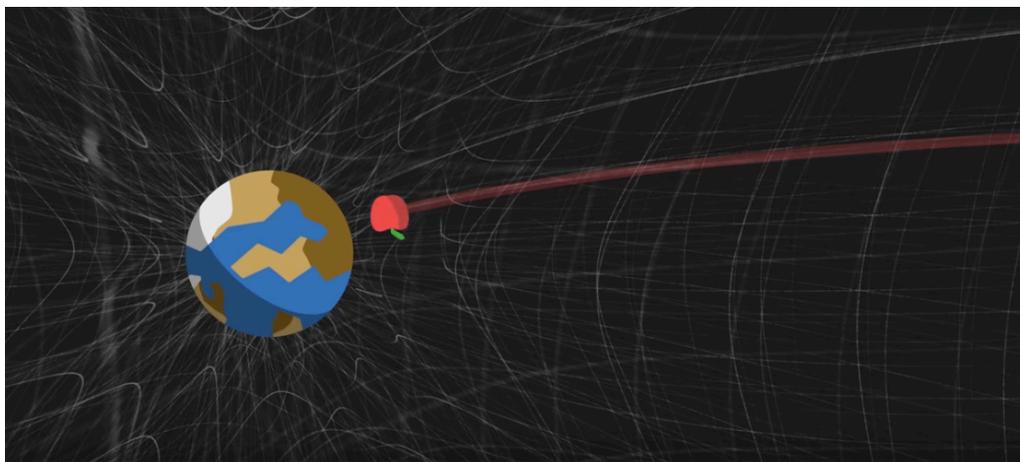
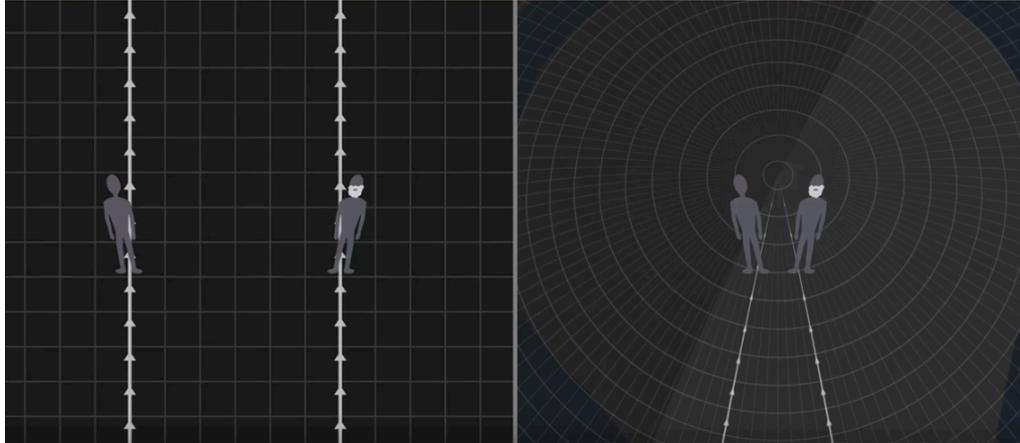
Mais dans la deuxième situation, à la surface de la Terre, en marchant tout droit, nos deux observateurs vont bizarrement finir par se rejoindre au moment d'atteindre le pôle nord.



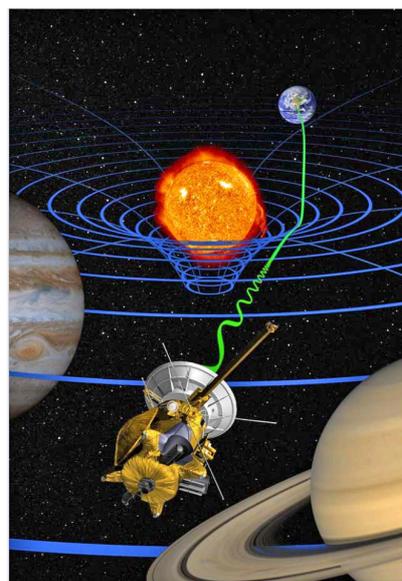
Bien que chacun d'entre eux ait marché parfaitement en ligne droite, un pied devant l'autre. Du fait que la Terre soit courbée et par conséquent que les lignes droites soient déformées à sa surface, les deux personnes ont eu l'impression qu'une force mystérieuse les attirait, les obligeant progressivement à se rejoindre.



Avec cet exemple, on comprend mieux comment le phénomène de gravitation peut émerger à partir de la courbure de l'espace-temps. Les objets semblent s'attirer entre eux, leurs trajectoires semblent se rejoindre progressivement mais en réalité, ce phénomène est dû à la courbure des lignes droites, le long desquelles se déplacent les astres.



Une jolie phrase illustre cela :  
 « En Relativité, la scène disparaît et devient un des acteurs. »



Test de haute précision de la relativité générale par la sonde spatiale Cassini (vue d'artiste) : des signaux radio envoyés entre la Terre et la sonde (onde verte) sont retardés par la déformation de l'espace et du temps due à la masse du Soleil.

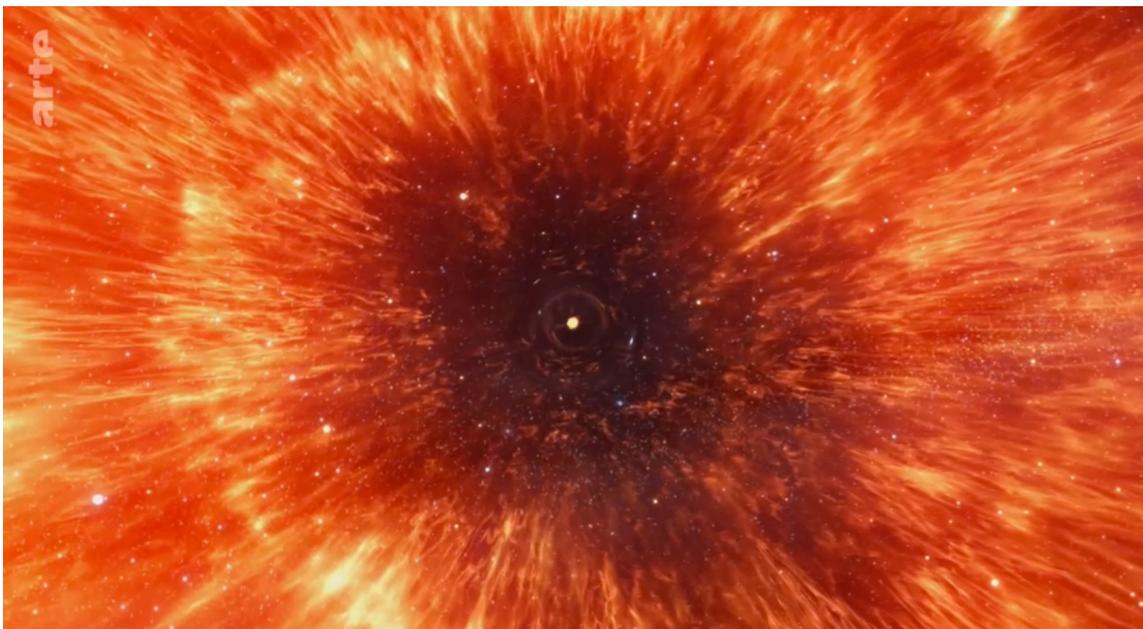
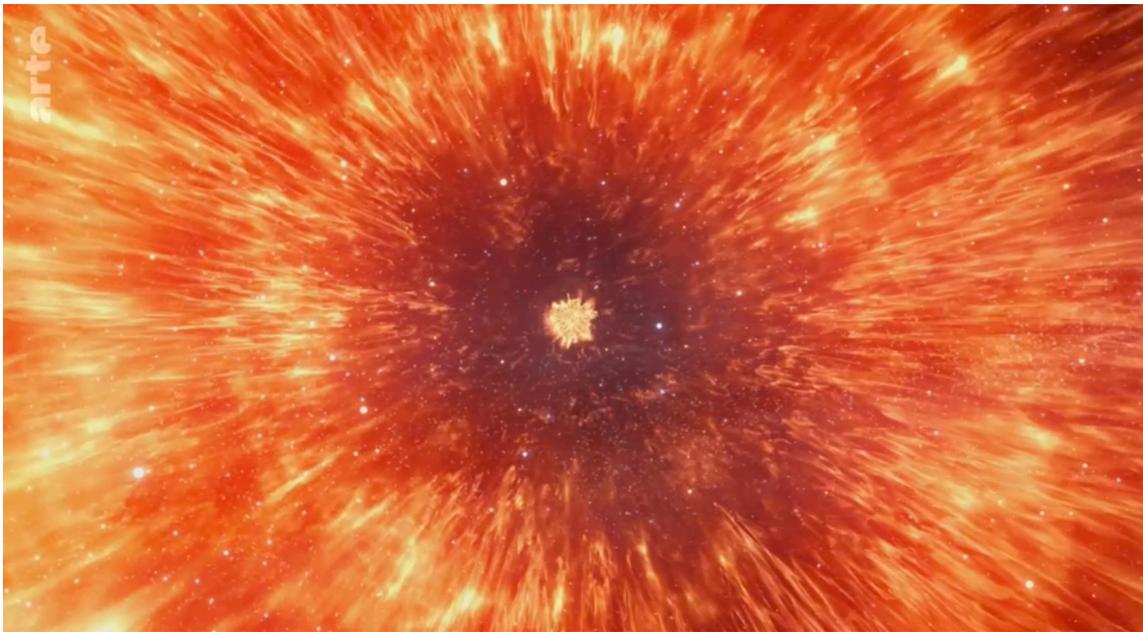
Einstein prédit, dans la Relativité générale, encore d'autres phénomènes étranges.

L'un d'eux est un objet fascinant de l'univers : le trou noir

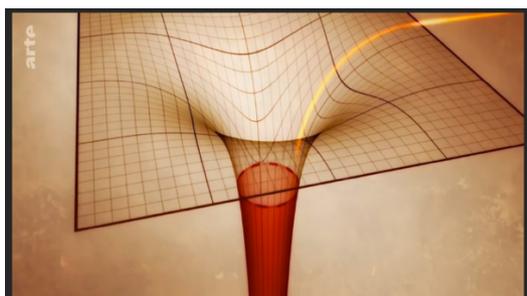
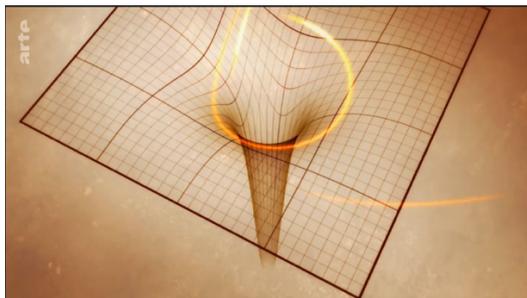
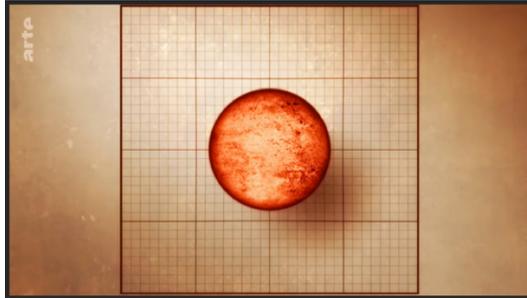
### 3. Le trou noir

Une étoile sur dix mille est une étoile monstrueusement grande, hyper massive, au moins plus de 100 fois la masse de notre soleil.

Le cœur de ces étoiles supermassives, à la fin de leur vie, va s'effondrer sur lui-même et former un autre type de résidu stellaire que la naine blanche ou l'étoile à neutrons.



Un véritable puits va se creuser, peut-être même un trou, on ne le sait pas encore.  
En tout cas, un puits incroyablement profond et tout objet qui va s'approcher, qui va franchir le bord du puits, va inexorablement tomber au fond, même les rayons lumineux ne peuvent pas en sortir.

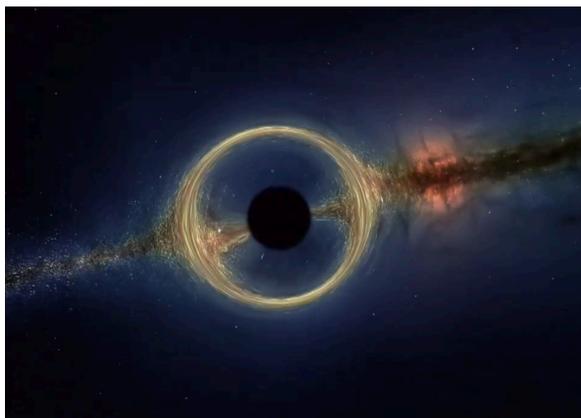


C'est un véritable entonnoir gravitationnel.

La concentration extrême de sa masse (d'un poids) déforme l'espace au point de créer un trou très profond, une zone de non-retour. Tout ce qui pénètre dans cette zone se retrouve piégé, incapable d'en sortir, même la lumière.

Il y a une frontière où toutes les particules sont arrêtées, elles disparaissent et le temps s'arrête ! On a un véritablement trou dans l'espace-temps.

Il n'est plus possible d'aller en marche arrière, ni d'envoyer le moindre signal vers l'extérieur.

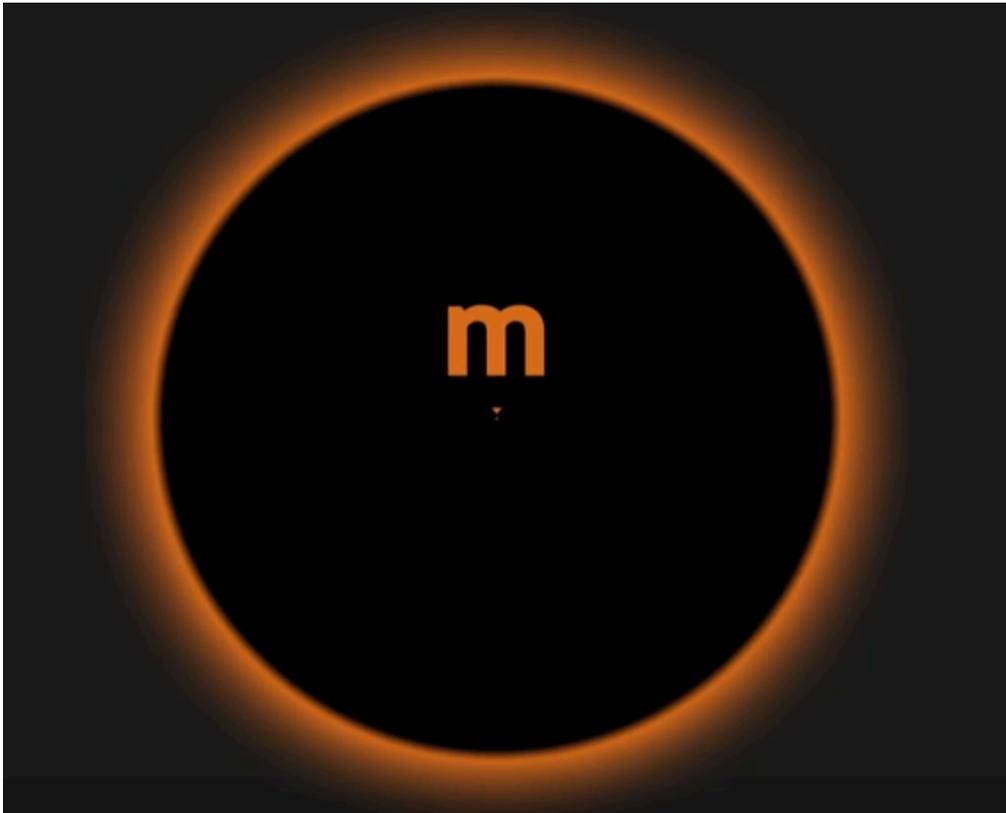


Aucun romancier de science-fiction n'a jamais inventé quelque chose d'aussi délirant qu'un trou noir.

Le trou noir est incroyablement dense et compact, très difficile à détecter, c'est certainement un objet fascinant.

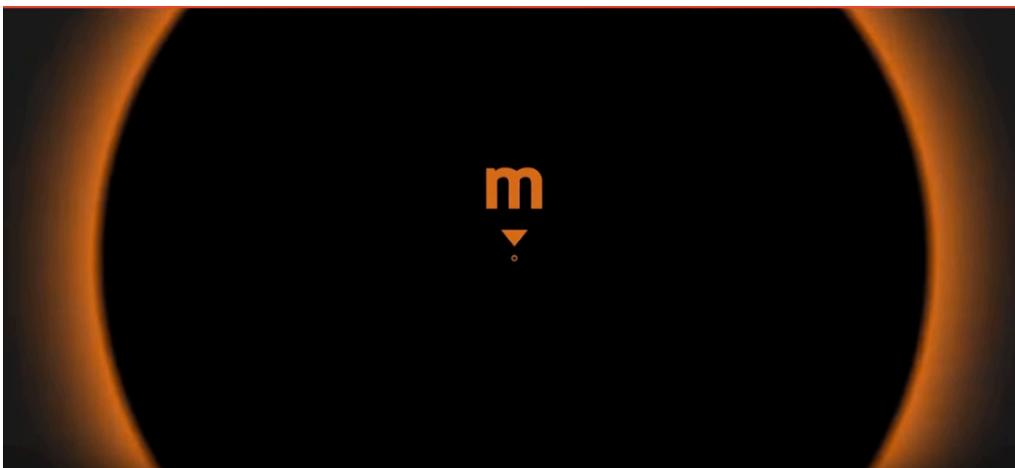
## Mais c'est quoi un trou noir ?

Le trou noir n'est pas un objet. C'est un trou dans la trame de l'espace.



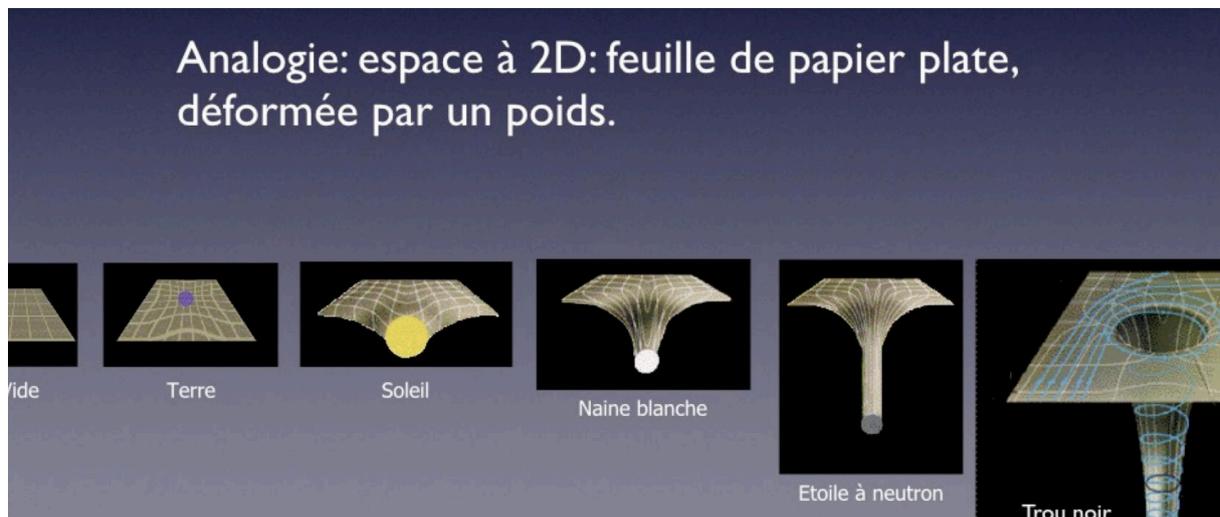
C'est un endroit où il n'y a rien, hormis la gravité à son degré le plus extrême. Toute sa matière est principalement concentrée en un seul point.

On appelle ce point central : la singularité gravitationnelle.



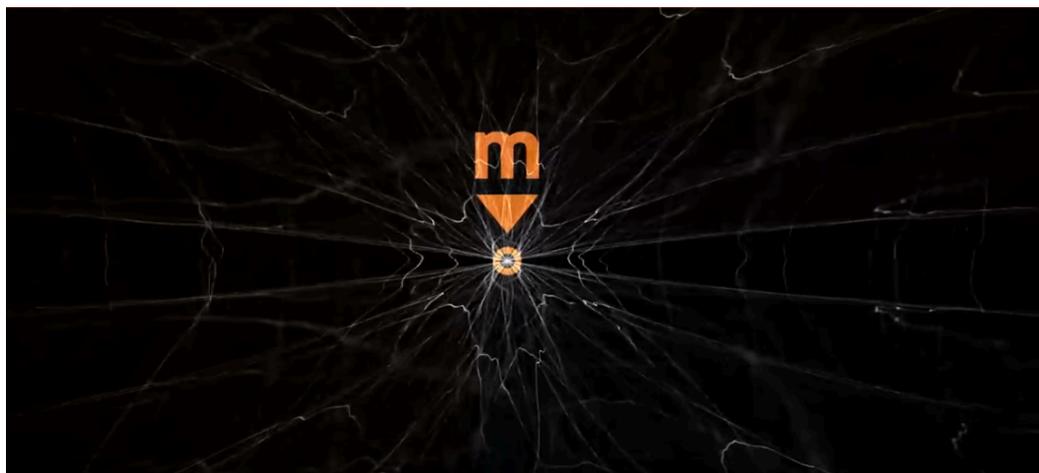
Et comme tout corps fait un creux dans le tissu de la gravité, l'espace-temps, plus une étoile est dense et massive, plus la déformation qu'elle va causer dans l'espace-temps, va être important.

A cet endroit précis de l'univers, le tissu d'espace-temps est distordu à l'infini par son poids et la science moderne ne sait toujours pas décrire ce qui s'y passe.

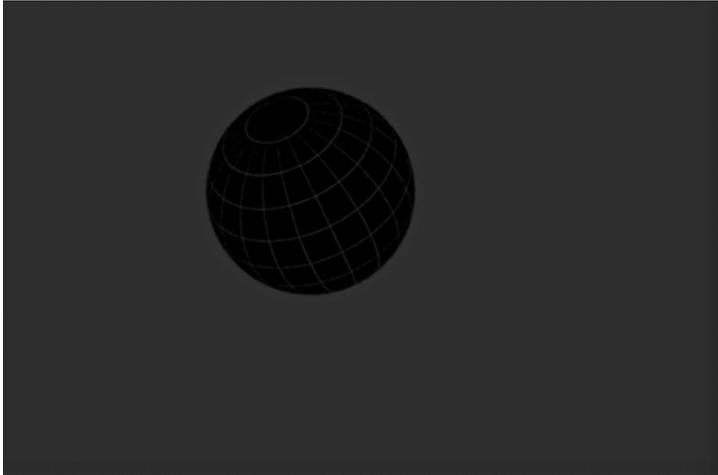


A proximité de la singularité, la courbure de l'espace-temps est si intense, si profonde, que toutes les lignes droites pointent dans cette direction.

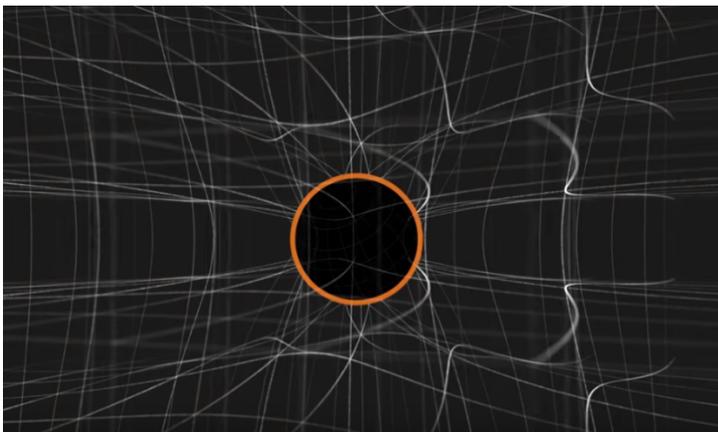
Ici rien ne peut espérer s'échapper du trou noir. Toutes les trajectoires possibles mènent directement vers la singularité.



Le trou noir n'émet pas de lumière et aucune matière, aucun rayonnement ne peut s'en échapper.

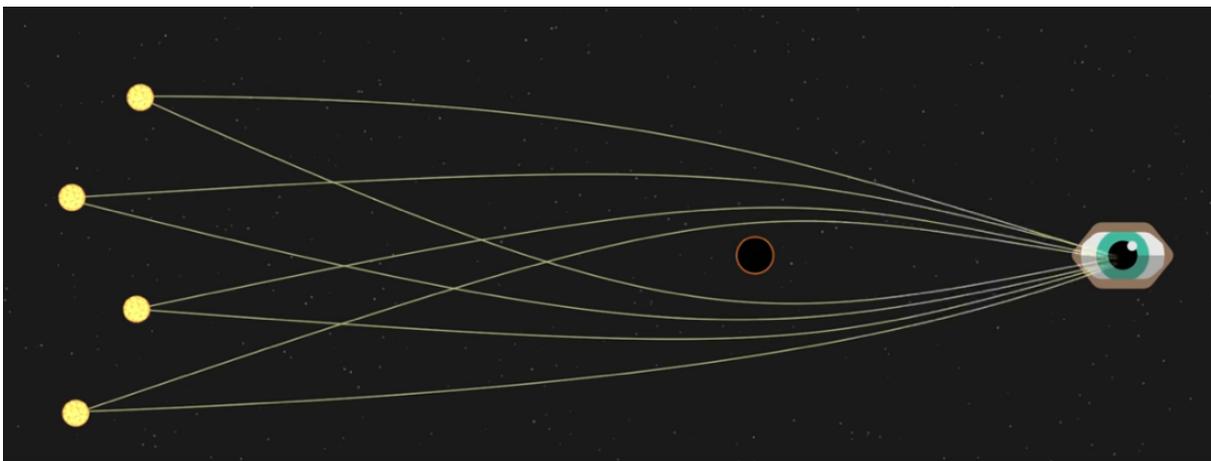


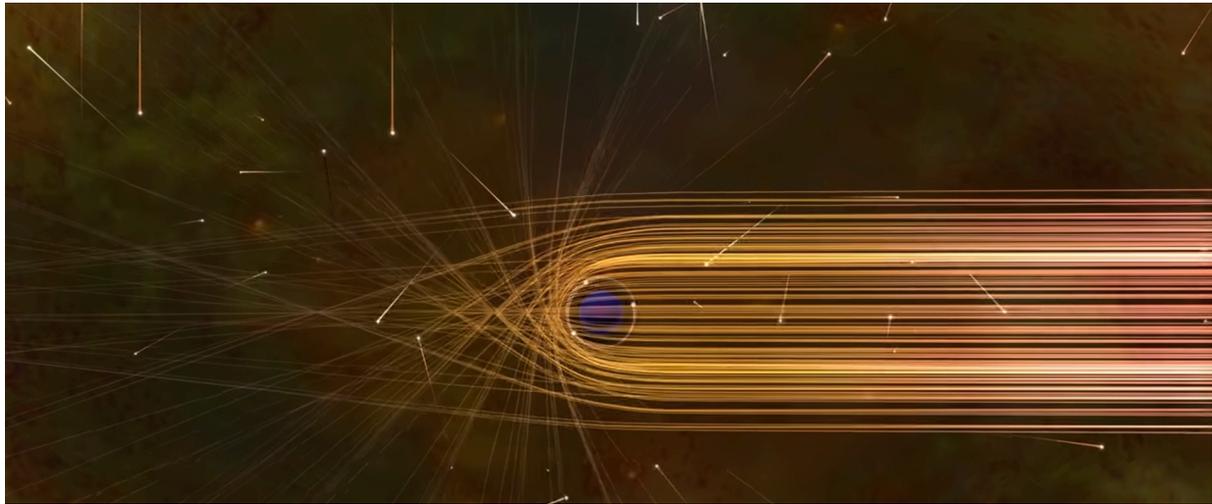
A l'extérieur de cette zone de capture, au-delà de cette frontière que l'on appelle son « horizon des événements » (en orange), le trou noir se comporte à peu près comme n'importe quel astre.



Dès lors, si l'on se trouve suffisamment loin de l'horizon, comme dans le cas d'une planète ou d'une étoile, il est possible de graviter autour d'un trou noir de façon stable. Et un objet passant à proximité sera légèrement dévié mais pourra tout de même s'échapper de son attraction.

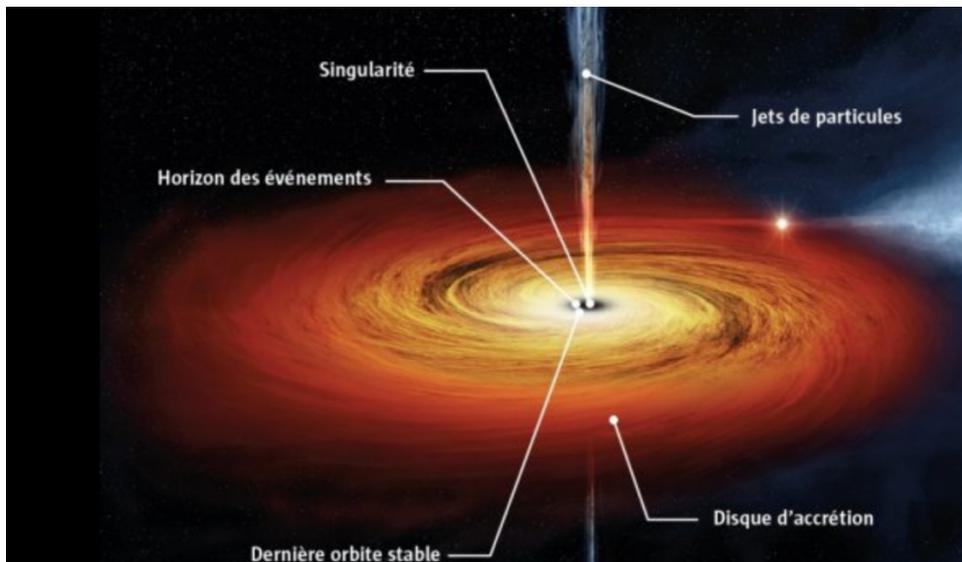
En particulier, les rayons lumineux qui proviennent des étoiles lointaines vont bifurquer au moment de passer à proximité du trou noir.

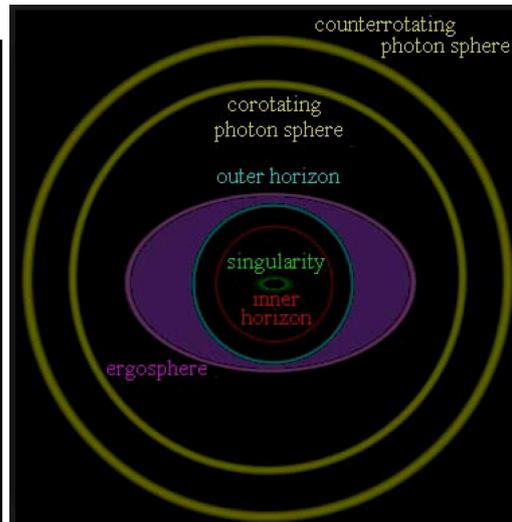
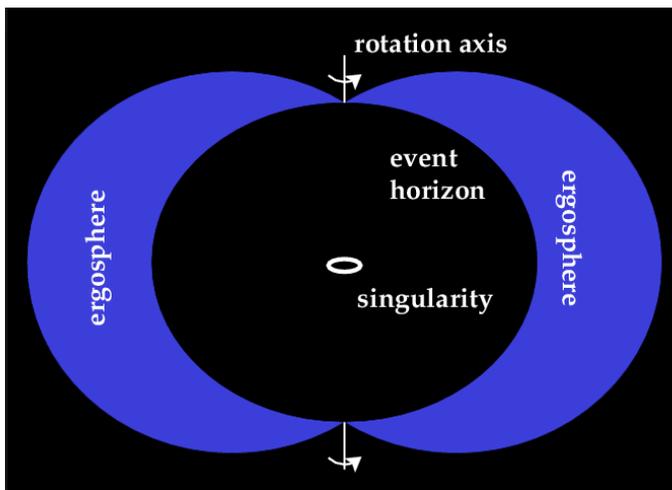
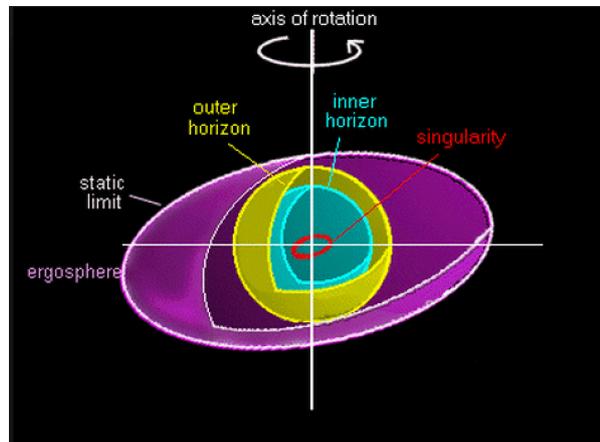
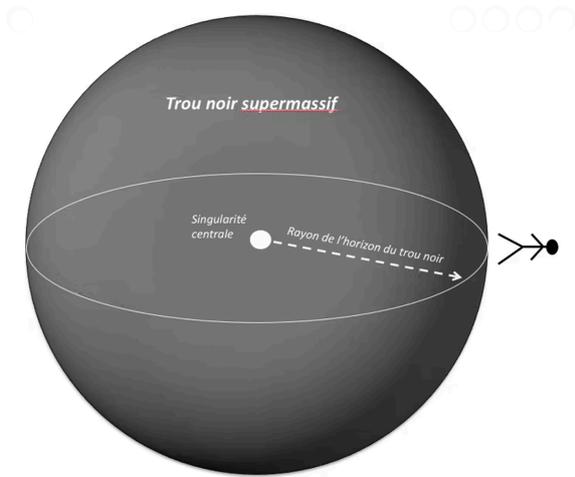
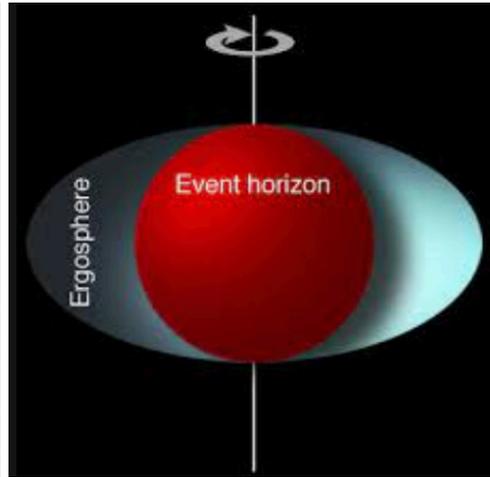
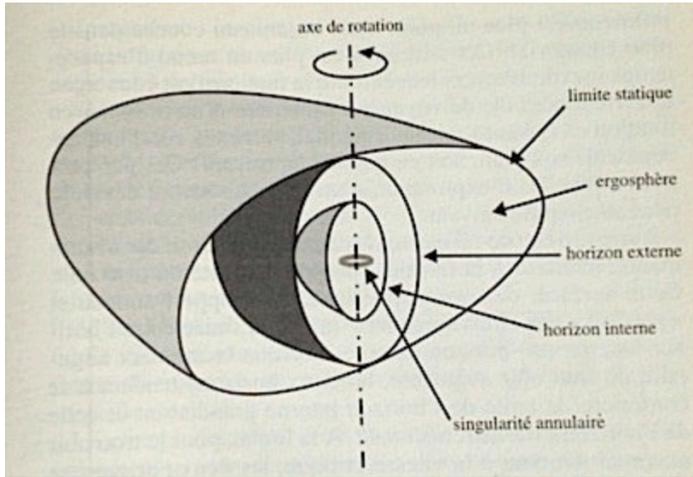




Mais la lumière passant trop près est capturée pour ne plus jamais s'échapper.

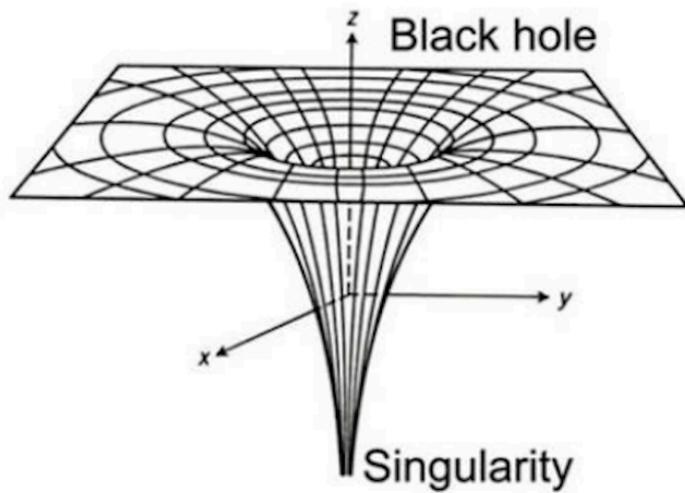
Voici la représentation du trou noir selon différents angles :





On visualise souvent la force de gravité en utilisant l'analogie du trampoline en 2D avec la masse d'une balle qui courbe l'espace-temps tel que représenté par la « membrane » d'un trampoline.

Ainsi la représentation la plus commune de la gravité (ou courbure de l'espace-temps) montre une surface plate tracée, pour faciliter la compréhension.



This is how spacetime gravitational curvature is normally depicted – as if space were a flat surface. This is not physically relevant.

Le problème avec cette simplification est que vous pourriez imaginer l'espace-temps comme une surface plate. Dans l'univers, la planéité n'existe pas. L'espace-temps n'est pas un tissu élastique à 2 dimensions mais une structure élastique à 3 dimensions. La comparaison avec de la gelée est plus adéquate.



Seules exceptions de la planéité dans l'univers : les galaxies.  
La plupart d'entre elles, sont plates.



L'espace-temps serait donc une composition élastique qui est déformée par la présence en son sein de masse-énergie.

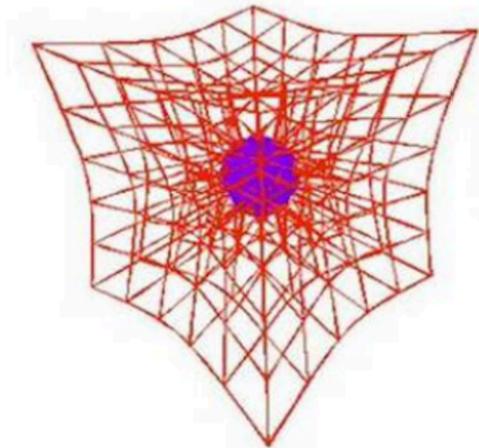
Et c'est en comprenant cette distorsion de l'espace par la masse d'un objet qu'on en arrive directement aux trous noirs.

Car plus un objet est massif, plus il courbe l'espace. Or les étoiles les plus massives, les plus lourdes, forment des trous noirs, en fin de vie.

Ces étoiles massives s'effondrent sur elles-mêmes et par leur poids extrême, un trou se forme dans l'espace, ce que prédit mathématiquement Einstein dans la Relativité.

Ce n'est donc pas un objet mais un trou dans l'espace.

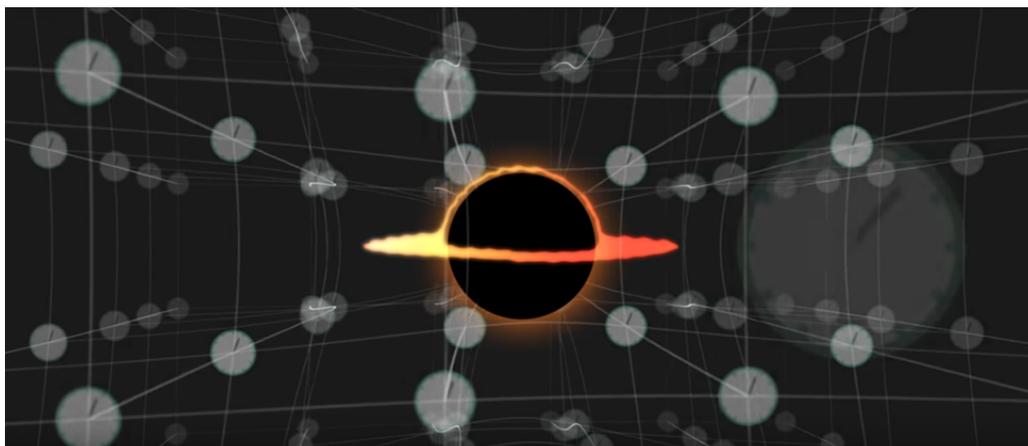
L'image suivante est une visualisation légèrement meilleure de la gravité montrant comment la force agit en trois dimensions dans une grille.



This three-dimensional grid gives a better idea of what curved spacetime might look like rather than the two-dimensional analogies do.

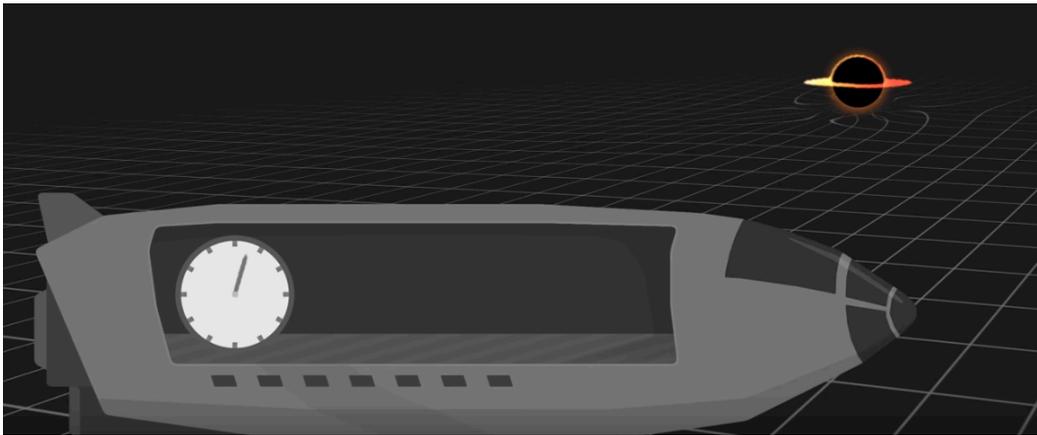
L'un des phénomènes les plus notables et étranges du trou noir est ce qu'on appelle **la dilatation gravitationnelle du temps**. C'est un concept difficile à comprendre.

Lorsqu'on se trouve à proximité d'un objet massif comme un trou noir, les lignes droites que l'on va suivre sont non seulement déformées dans l'espace **mais également dans le temps**.

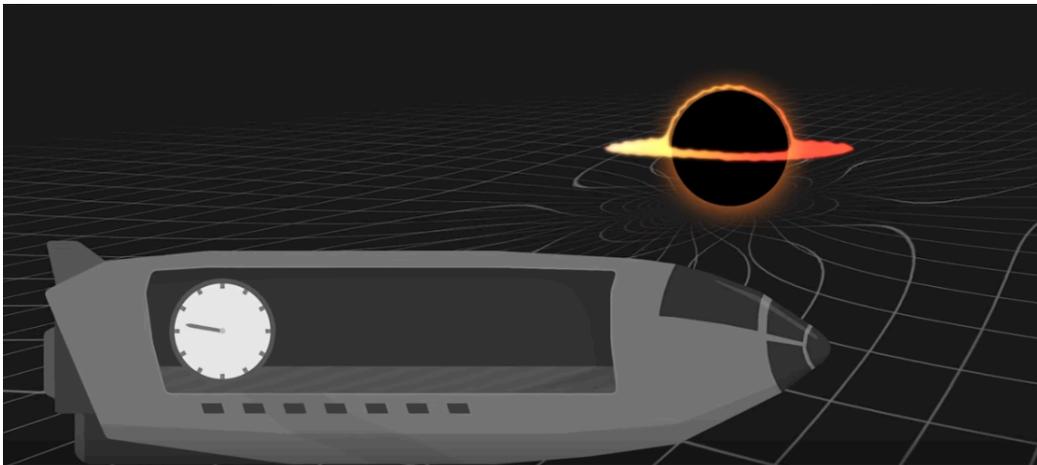


L'écoulement du temps de tout objet va être altéré en fonction de la distance à laquelle se trouve celui-ci par rapport au trou noir.

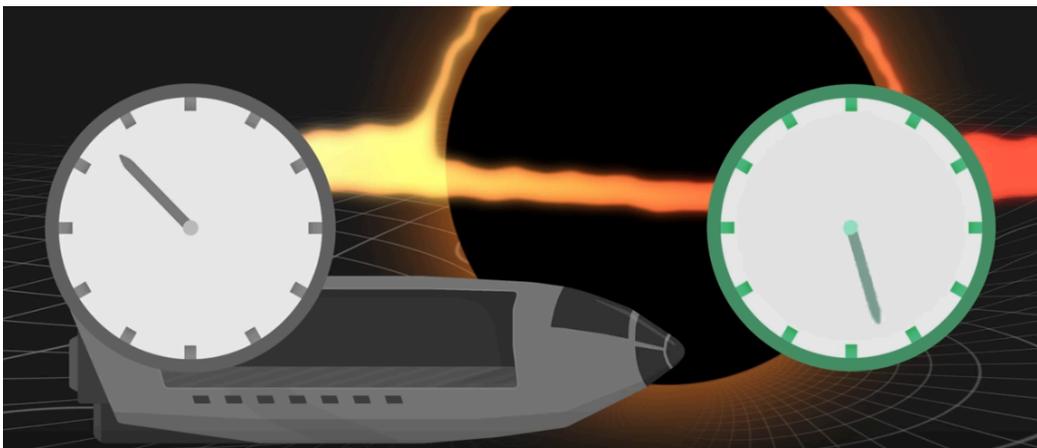
A grande distance du trou noir, là où la courbure de l'espace-temps est négligeable, le temps s'écoule à peu près comme n'importe où ailleurs.



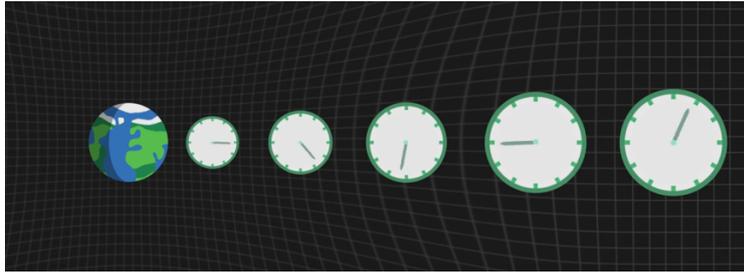
Mais plus on se rapproche du trou noir, plus le temps s'écoule lentement.



A proximité de l'horizon du trou noir, l'espace-temps est tellement déformé qu'il est possible que chaque seconde qui s'écoule pour une personne dans le vaisseau, prenne en réalité une année entière pour s'écouler du point de vue d'un observateur lointain.



En général, plus on se trouve à proximité d'une source de gravitation c'est-à-dire d'un objet massif comme le soleil ou la Terre, plus le temps va s'écouler lentement. A fortiori, avec un trou noir, l'objet le plus massif de l'univers.



A la surface de la Terre par exemple, si l'on compare les horloges de deux personnes, l'une se trouvant au pied et l'autre au sommet de la tour Eiffel, l'horloge de la personne en bas va tourner légèrement moins vite car elle se trouve plus proche du centre de la terre. Pour chaque année qui s'écoule, la personne aux pieds de la tour aura vieilli d'une micro seconde en moins que la personne au sommet de la tour. Cet effet de dilatation des durées est très subtil mais néanmoins très important sur Terre. Il est notamment crucial de le prendre en compte lors de la conception des **satellites** GPS, de sorte à assurer la synchronisation de leurs horloges internes. J'en reparlerai plus tard.



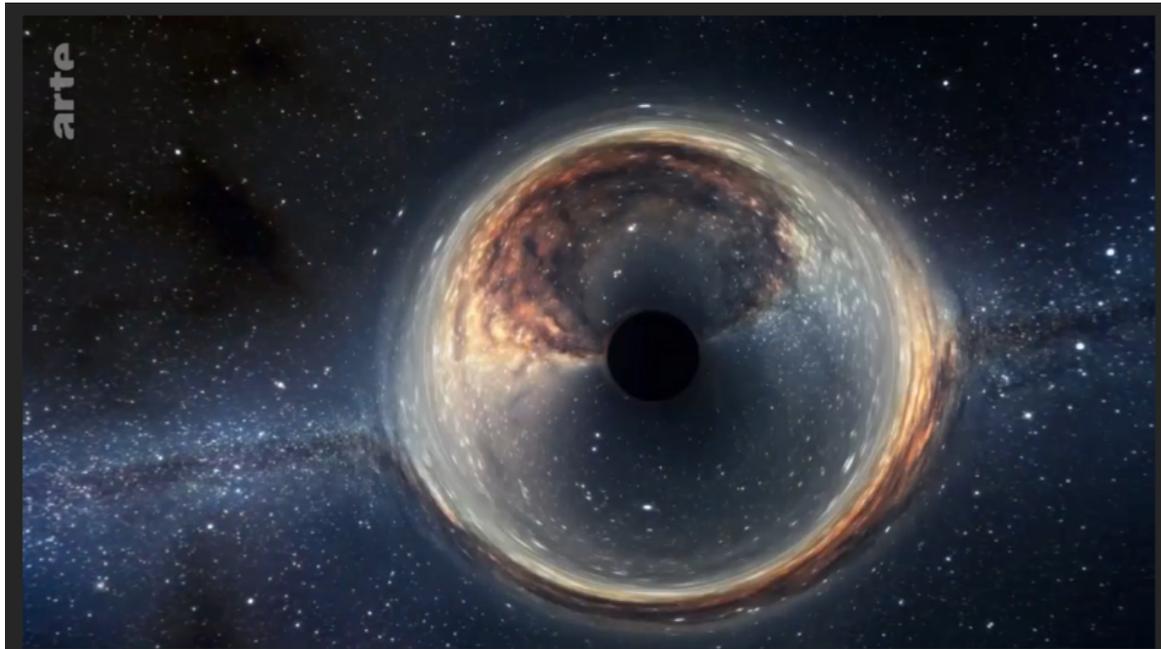
Revenons aux trous noirs.

On peut calculer à quelle distance d'un objet gravitationnel s'établit une sorte de frontière tout autour qui arrête les particules de matière et de lumière. A cette limite, elles disparaissent et le temps s'arrête !

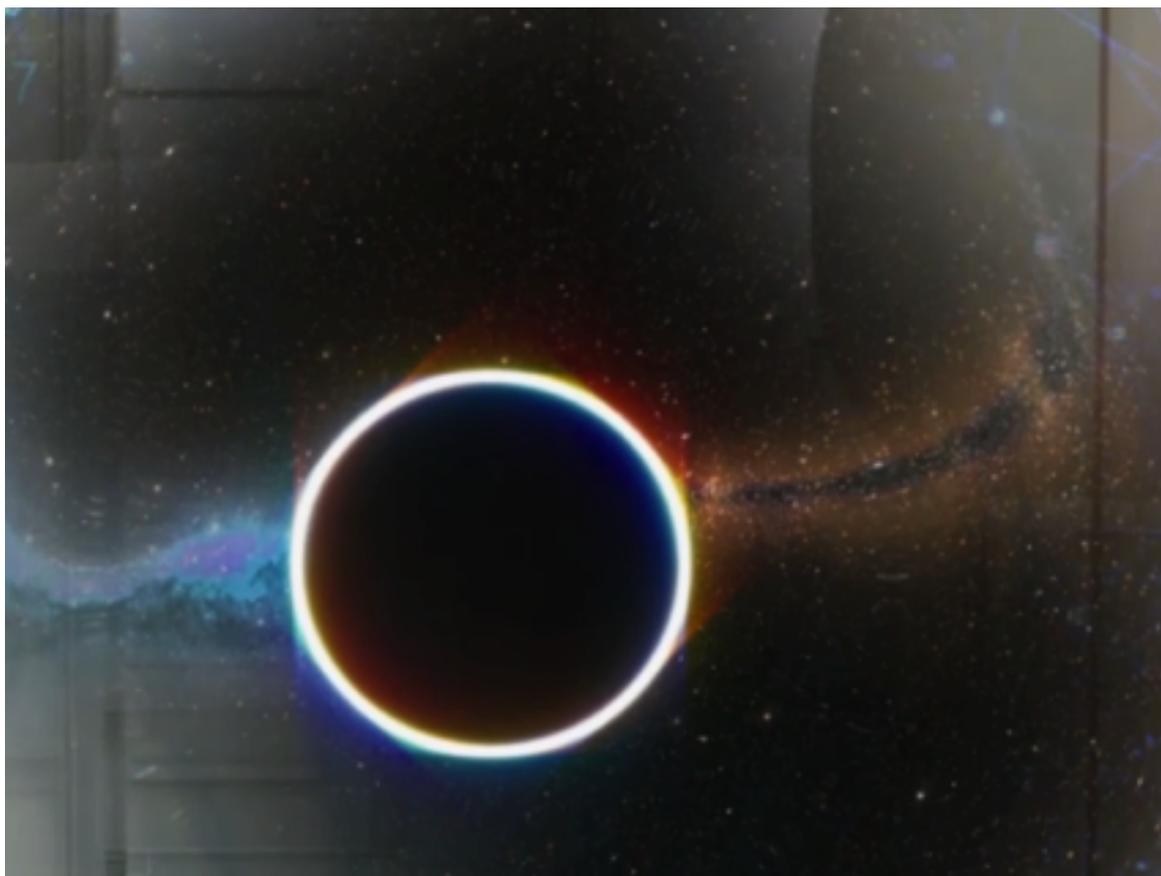
Une fois, cette limite franchie, il est impossible de faire marche arrière, ni d'envoyer le moindre signal vers l'extérieur.

On a un véritable trou dans l'espace-temps.





Le trou noir possède un « horizon des événements », le bord du trou, qui délimite la zone d'obscurité. C'est la frontière à ne pas dépasser.

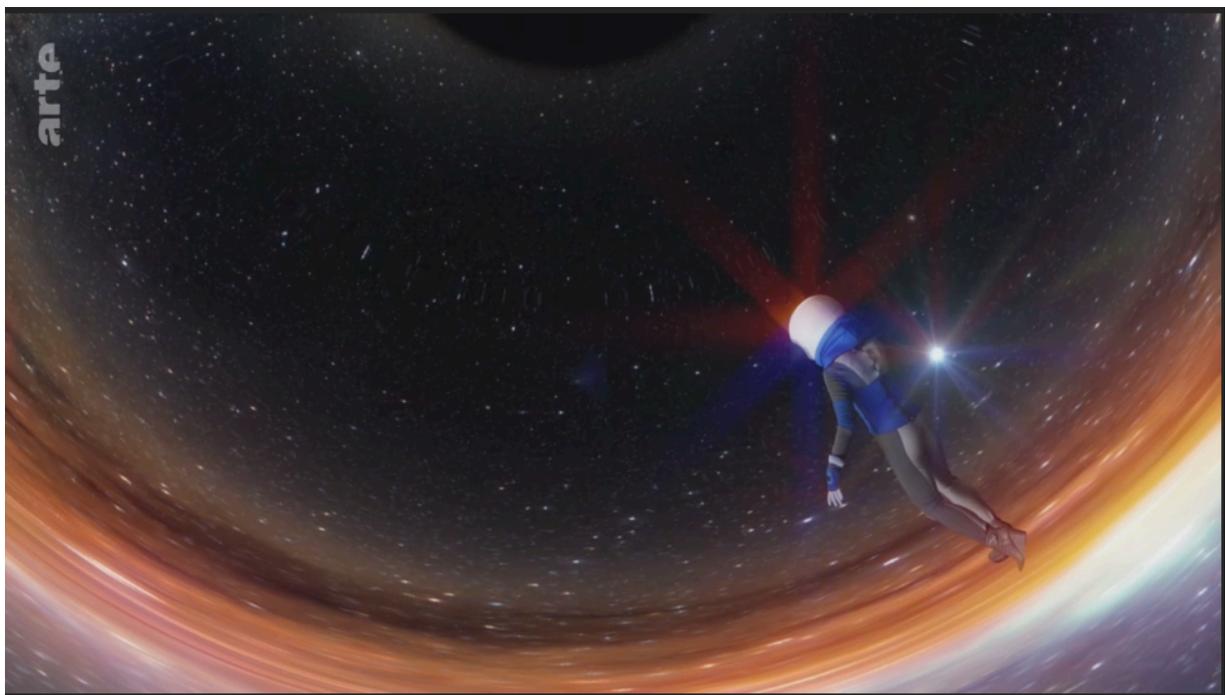


Si je parlais au bord du trou noir et si quelqu'un m'observait de la Terre, il aurait l'impression que je parle et bouge au ralenti. Tandis que, pour moi, c'est le temps sur Terre qui accélère, je verrais la Terre tourner en accéléré !

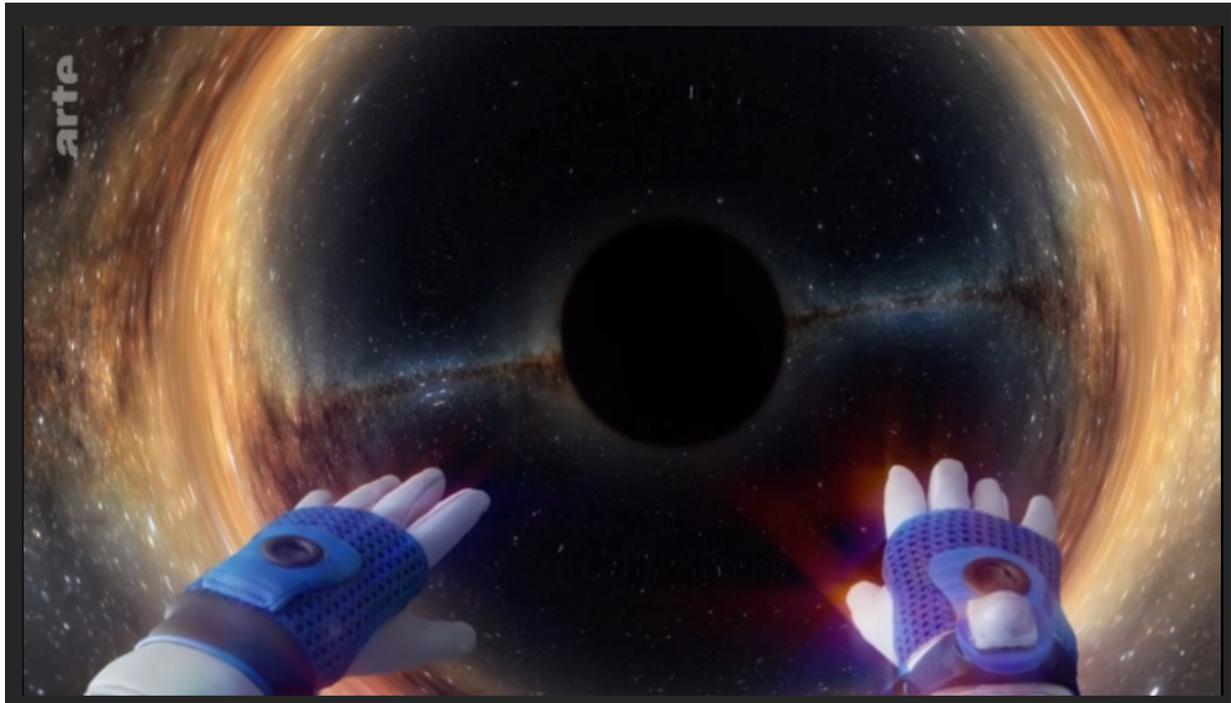
Et au plus, je rentrerais dans le trou, au plus, le ralentissement du temps va s'intensifier. Imaginons que je cherche à m'approcher d'avantage d'un trou noir en effectuant une sortie d'un vaisseau dans l'espace.



Pour illustrer ce ralentissement, j'allume un stroboscope, il clignote une fois par seconde. D'où je suis, ma lampe clignote normalement.

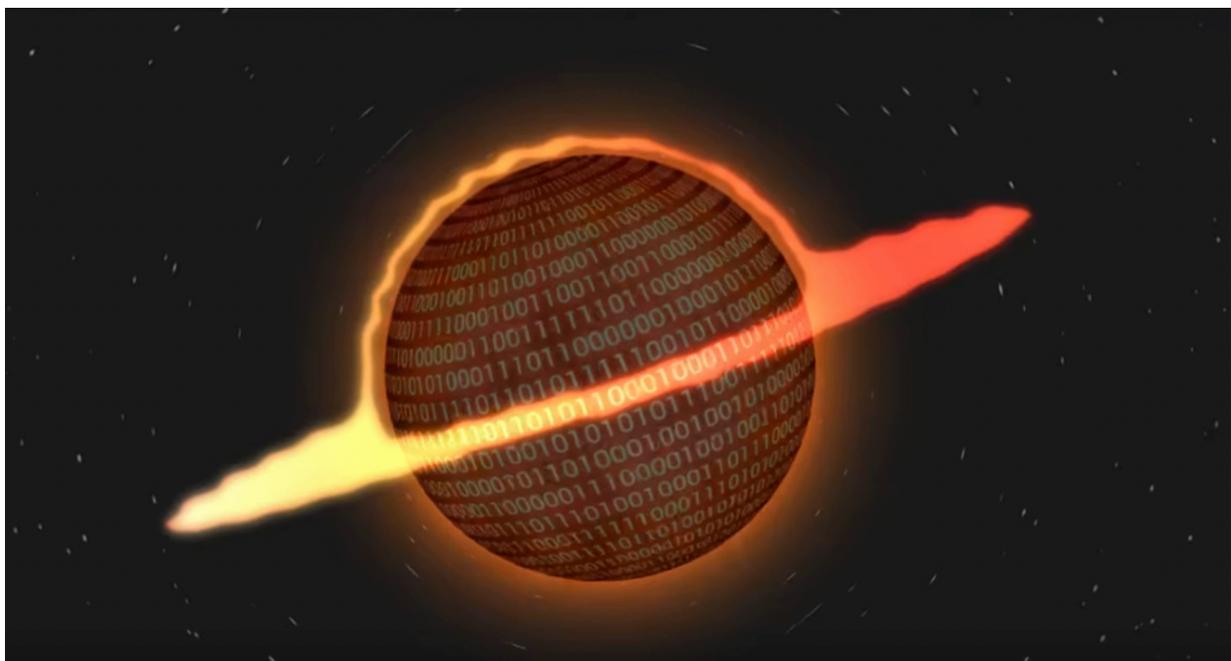


Mais si vous me regardez depuis le vaisseau spatial, plus j'approche du trou noir, plus le clignotement ralentit. Il y a maintenant un temps infini entre deux clignotements. On dirait que je suis quasiment immobile alors que pour moi, tout est normal, même lorsque j'atteins « l'horizon des événements ».

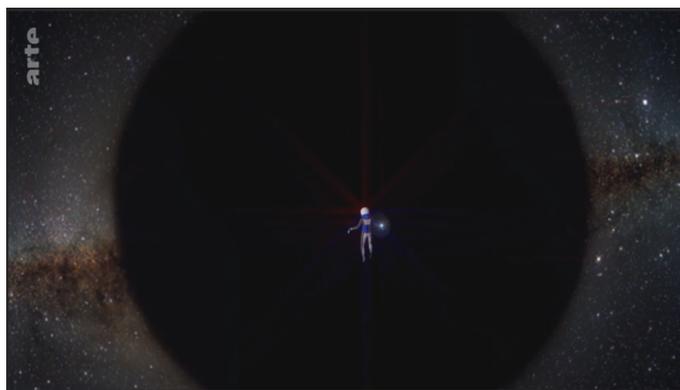


En tant qu'observateurs qui regardons la situation depuis l'extérieur, toutes les informations qui décrivent les objets, ralentissent au bord du trou noir, progressivement jusqu'à s'arrêter pour rester finalement figées à la surface du trou noir.

L'une des conséquences les plus importantes de ce phénomène est que la dispersion de l'énergie d'un trou noir est entièrement décrite et distribuée à sa surface, ce qui est illogique puisque c'est un trou !



Si l'on patientait suffisamment, quelques millions ou milliards d'années, le vaisseau me verrait finalement disparaître à tout jamais. Le temps ralentirait tellement que l'on pourrait voir tout l'avenir de l'univers se dérouler sous nos yeux.



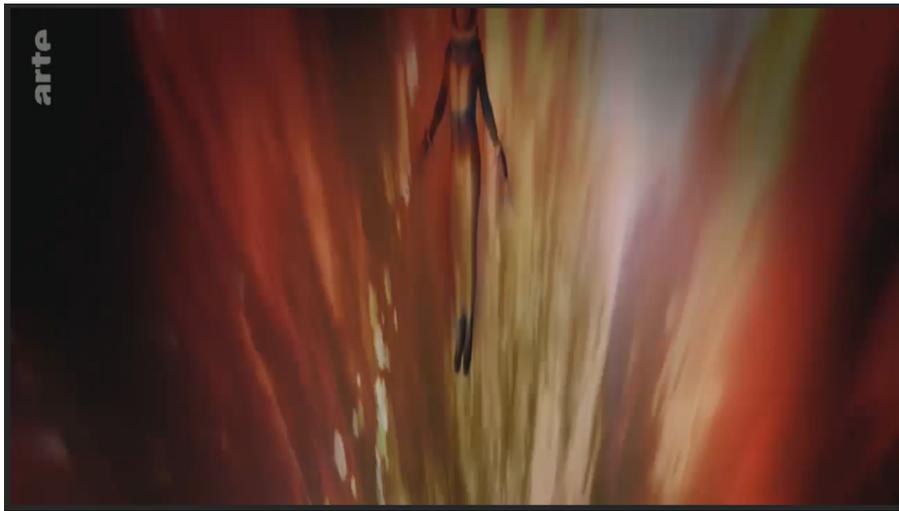
Qui a-t-il à l'intérieur d'un trou noir ? Personne ne le sait.  
Et même si je le découvrais, je ne pourrais jamais revenir vous le dire. Mais une chose est sûre, si de l'extérieur, les trous noirs ne sont qu'un puits obscur, à l'intérieur c'est tout le contraire !

Je suis éblouie par la lumière qui y est aspirée.

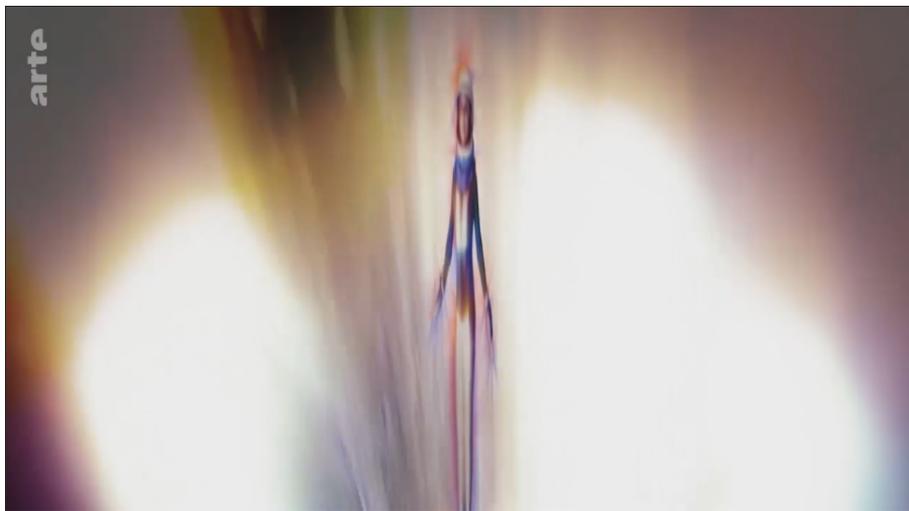


Maintenant que j'ai franchi l'horizon des événements, je chute vers le centre, là où est concentré toute la masse du trou noir.



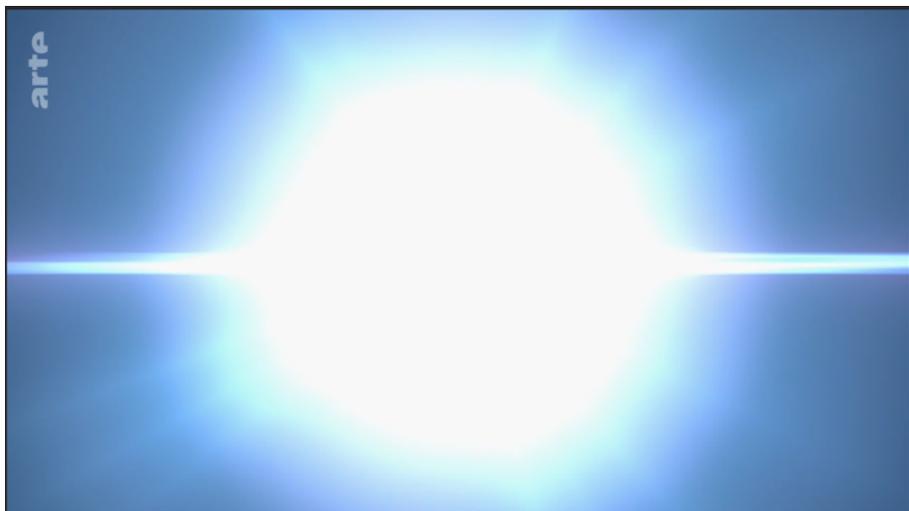


Mon corps se désagrègera en particules élémentaires qui seront elles-mêmes comprimées en un point infiniment petit.



C'est ce qu'on appelle la singularité.

Ici toutes nos connaissances, sur l'espace et le temps, sont pulvérisées.



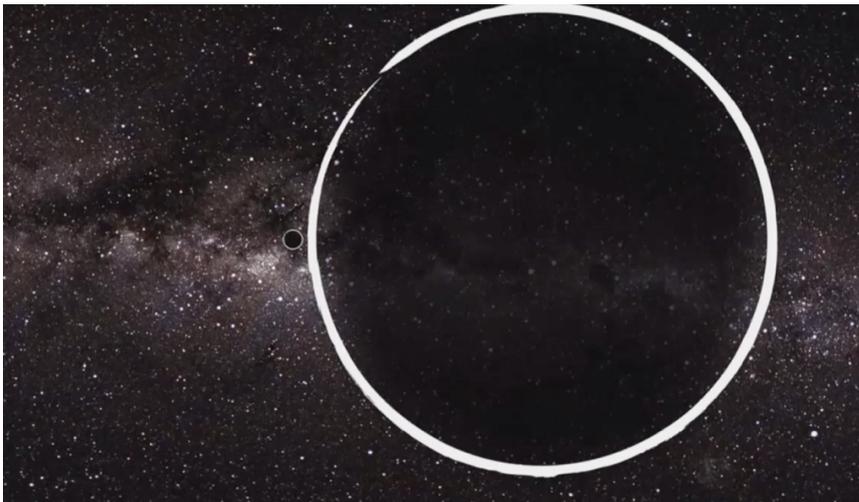
Mais peut-être que ce trou noir dont le diamètre extérieur ne dépasse pas la soixantaine de kilomètres est en son sein aussi vaste que l'univers !



Et peut-être qu'en bout de course, mes particules iront nourrir la soupe primitive d'un nouveau commencement ...

Voilà en théorie, ce qui se passerait si l'on pouvait explorer un trou noir !

Un trou noir peut être de 4 fois à 20 milliards de fois plus massif que notre soleil. Quand il est supermassif, il se nomme un « quasar ».



Comment un tel ordre de grandeur est-il possible ?

On pensait que le trou noir était le vestige de l'effondrement d'une étoile massive, nommée « supernova ». Mais le rayonnement d'une supernova ne dure que quelques mois.



De plus, on ne connaît aucune étoile 20 milliards de fois plus massive que le soleil.

Cela n'existe pas.

D'où vient-il alors ?

Ces trous noirs supermassifs se nourrissent continuellement, ils dévorent en permanence tout ce qui est à leur portée, que ce soit en grignotant les gaz et les poussières ou leur étoile binaire s'ils en ont une, ou en dévorant rapidement une étoile passant trop près d'eux.



Et enfin, les trous noirs supermassifs, les quasars, sont très éloignés dans l'univers, ce qui signifie qu'ils appartiennent à l'univers primordial, ce sont des quasars lumineux qui datent de peu après le Big Bang !

Cela pose problème, comment sont-ils devenus aussi énormes, si vite ?

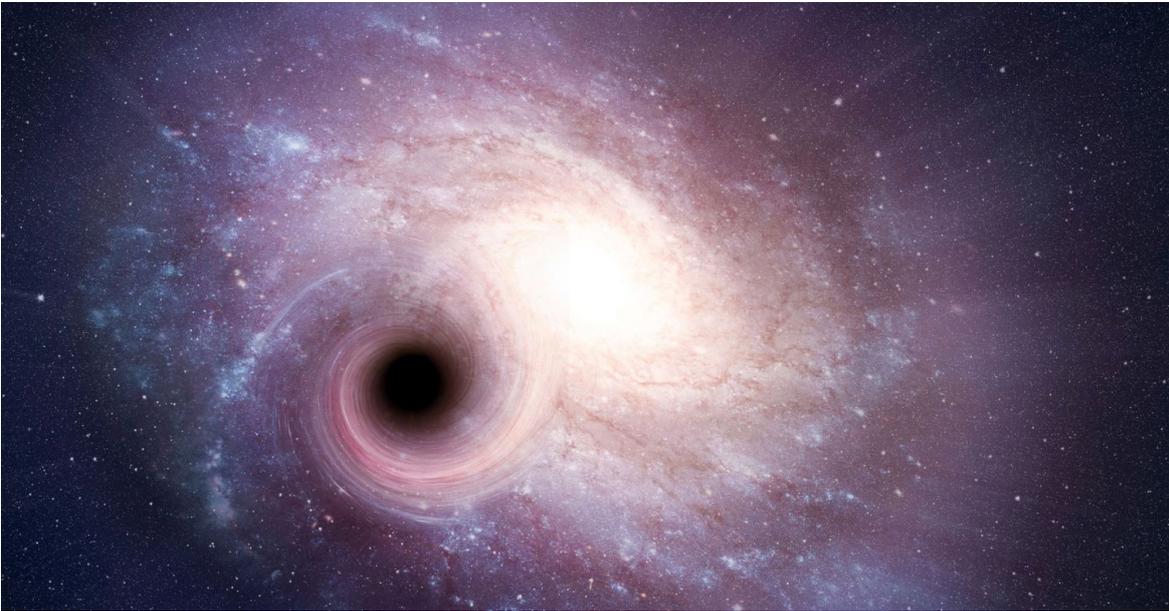
Existerait-il un processus qui permette de créer des trous noirs déjà très massifs dès leur naissance ?

Dans l'univers, tout a commencé par des nuages de gaz qui étaient le carburant permettant de donner naissance aux étoiles, comme l'essence est le carburant de nos voitures. Lorsqu'il n'y en a plus, il ne peut plus y avoir de nouvelles étoiles.

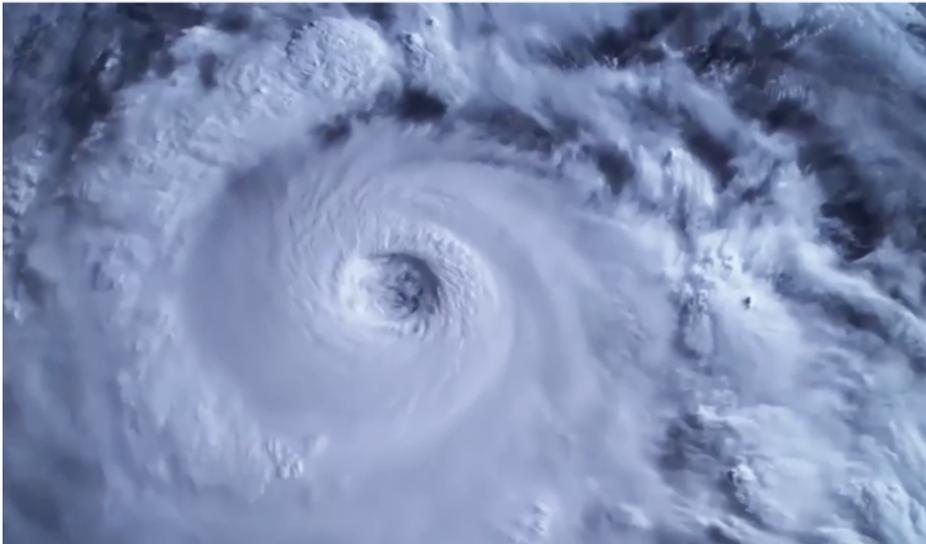
Ces nuages de gaz sont constitués d'hydrogène, d'hélium et d'autres éléments, les matières premières nécessaires à la fabrication des étoiles.

Pourraient-ils aussi engendrer des trous noirs, sans passer par la phase de l'effondrement d'une étoile ?





C'est le même phénomène que l'on retrouve dans la nature avec les tornades, les tourbillons aquatiques ou encore dans notre baignoire : un vortex.





Mais la question essentielle demeure : quel rôle jouent les trous noirs dans l'univers ?

Leur existence est-elle due au hasard ?

Ou bien ont-ils une influence sur la structure du cosmos ?

Les supermassifs ne sont jamais seuls, ils sont inséparables des galaxies, ils se trouvent dans leur centre, chaque galaxie a un trou noir supermassif en son centre et les galaxies sont les composantes essentielles de notre univers.



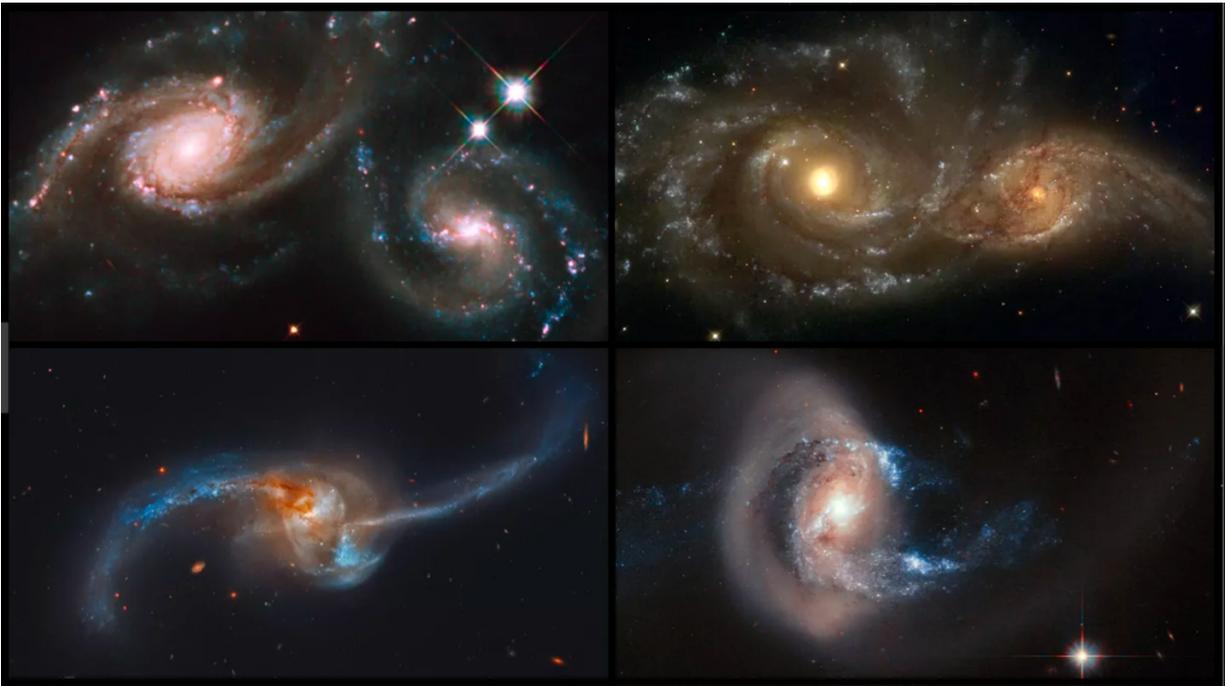
Quelle est la nature de cette relation ?

Lequel est arrivé en premier ?

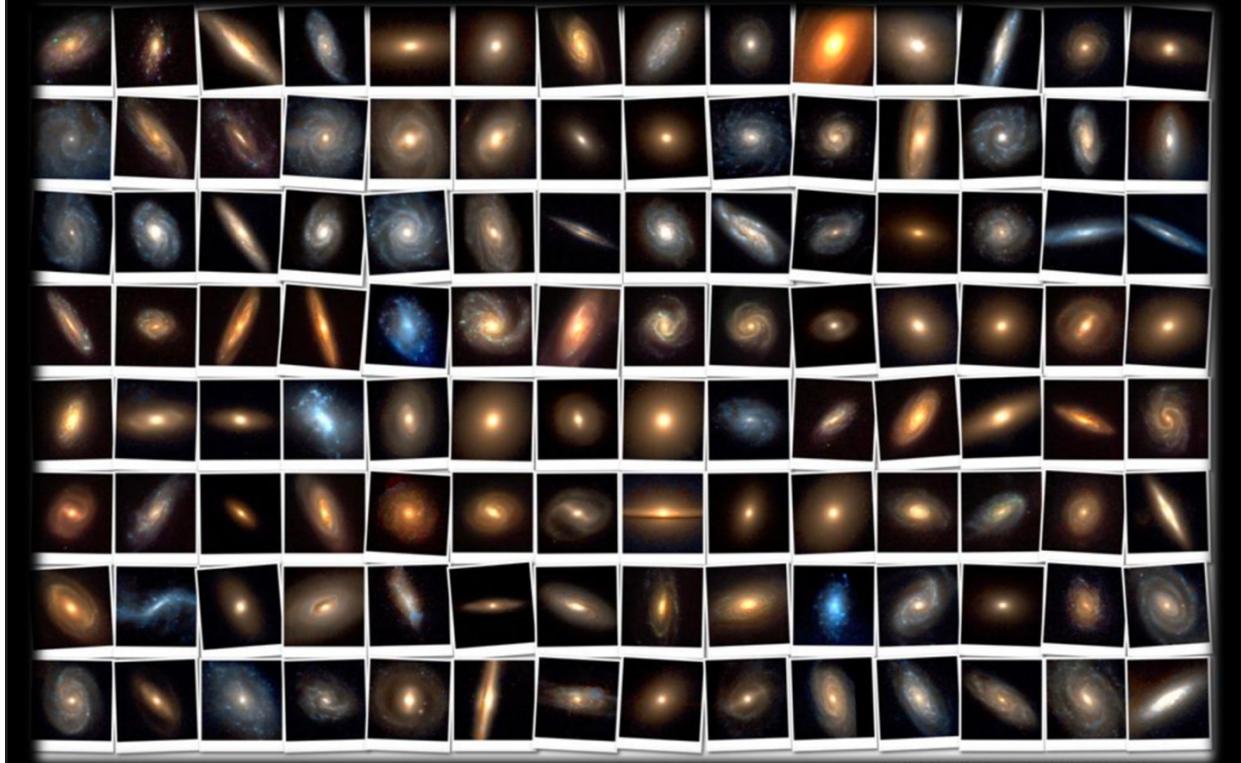
La galaxie ou le trou noir supermassif ?

Les galaxies sont de tailles différentes et de formes très variées mais ont toutes en leur centre ce trou noir supermassif.

Pour le plaisir des yeux, en voici quelques-unes :



# Quelques galaxies !



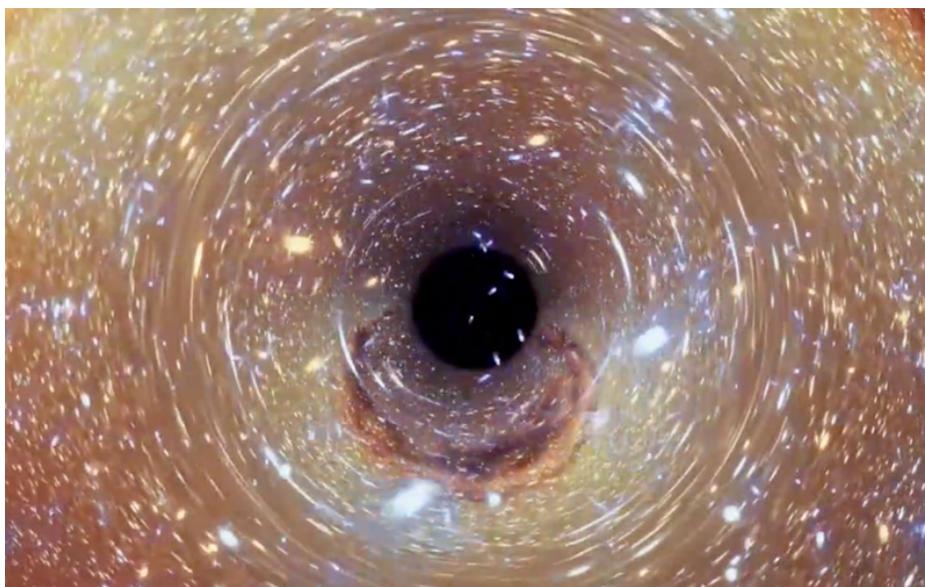
A priori, les astrophysiciens pensent que le développement des trous noirs et de leur galaxie serait simultané.

Lorsqu'un trou noir avale de la matière, il restitue à la galaxie une quantité phénoménale d'énergie et les scientifiques pensent qu'une partie de cette énergie réchauffe les gaz .

Or des gaz trop chauds ne peuvent plus former d'étoiles. La chaleur générée par un trou noir en pleine croissance empêche que des étoiles se forment à proximité.

Un trou noir peut donc influencer l'évolution de sa galaxie en freinant la formation des étoiles. Ce qui veut dire que la croissance des trous noirs détermine si sa galaxie stagne ou grandit.

Ainsi les trous noirs ont des phases de boulimie et des phases de repos.



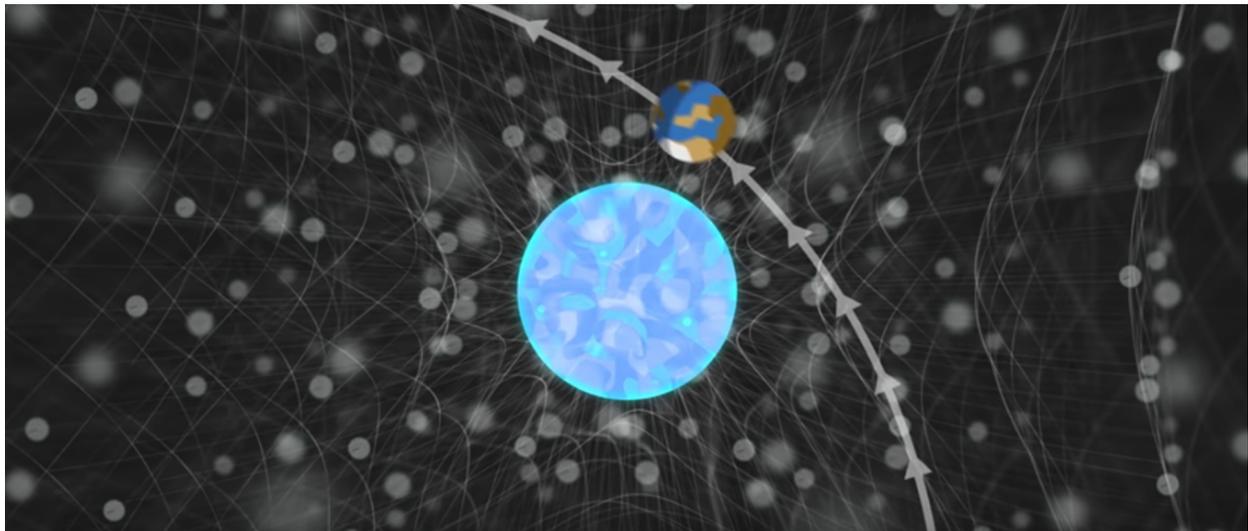
Il se pourrait donc que les trous noirs supermassifs contrôlent l'architecture de l'univers. Pas tellement par leur taille mais par la manière dont l'énergie qu'ils émettent façonne les galaxies.

Le trou noir central contrôle directement l'énergie que les galaxies reçoivent et à quel moment elles la reçoivent.



Ce que nous savons, jusqu'à présent, sur la Relativité Générale est qu'elle donne un cadre de compréhension pour cerner la nature-même de ce qu'est **la gravitation**.

**Lorsqu'un objet massif repose dans l'espace-temps, il déforme sa géométrie autour de lui courbant les lignes droites dans l'espace et dans le temps, ce qui a pour effet de dévier la trajectoire des objets environnants et de modifier leur perception du temps.**



Mais, outre la gravitation et le trou noir, la Relativité générale entraîne également d'autres conséquences étonnantes.