

FUTURA

Le temps ralentit près d'un trou noir, vrai ou faux ?

Podcast écrit et lu par Melissa Lepoureau

N.B. La podcaster s'est efforcée, dans la mesure du possible, d'indiquer par quel personnage ou personnalité sont prononcées les citations. Néanmoins, certaines de ces dernières échappent à sa connaissance et devront rester anonymes.

[Une musique d'introduction détendue et jazzy. Une série de voix issues de films se succèdent, s'exclamant alternativement « C'est vrai », ou « C'est faux ». L'intro se termine sur la voix du personnage de Karadoc issu de Kaamelott, s'exclamant d'un air paresseux « Ouais, c'est pas faux. »]

[Une auditrice curieuse :] Hé Melissa, est-ce que c'est vrai que le temps ralentit près d'un trou noir ?

Tu ne serais pas retournée voir *Interstellar* au cinéma à l'occasion des 10 ans du film, par hasard ? Il faudrait que je le revoie d'ailleurs, mais dans mon souvenir, et sans spoiler pour qui que ce soit, il est en effet question de voyages proches d'un trou noir et de distorsion du temps. Honnêtement, je trouve ça fascinant.

[L'auditrice :] Ben moi aussi ! Mais du coup je me demande si c'est véridique tout ça. Je sais que le physicien Kip Thorne était consultant scientifique sur le film, mais bon, ça les empêche pas d'avoir pris des libertés, j'imagine.

On va voir ça. On va aller faire un petit saut dans les profondeurs de l'espace pour tout analyser. Mais pour ça, il faut d'abord se familiariser avec la théorie de la relativité générale d'Albert Einstein, publiée en 1915. Vous en avez très probablement déjà entendu parler, sans forcément savoir exactement de quoi il en retourne. Selon la relativité générale, la gravité n'est pas seulement une force qui attire les objets les uns vers les autres, comme Isaac Newton le décrivait. Einstein nous explique que la gravité serait en réalité une déformation de l'espace et du temps, ce qu'on appelle d'ailleurs l'espace-temps. Alors c'est pas un concept hyper facile à comprendre, c'est assez abstrait, alors on va utiliser une petite comparaison. Imaginez l'espace-temps comme une sorte de toile élastique. Quand vous placez un objet massif, comme une planète ou une étoile, sur cette toile, on a une courbure qui se crée. Plus l'objet est massif, plus il déforme la toile. C'est logique. De la même façon, dans le monde réel (en 4 dimensions et non plus en 2) plus l'objet est massif, plus il déforme l'espace-temps autour de lui. En gros, ce phénomène est à l'origine de l'effet que nous ressentons comme étant la gravité. Et cette courbure influence également la manière dont le temps s'écoule.

[L'auditrice :] Ok, donc en fait le temps et l'espace sont liés... et tous les deux élastiques ? Ça veut dire qu'on peut déformer le temps ?

Eh ben, c'est là que ça devient vachement intéressant ! Einstein a démontré que plus un objet est proche d'une grande source de gravité, donc plus précisément plus le champ de gravité dans lequel est plongé cet objet est fort, plus le temps s'écoule lentement pour cet objet, par rapport à un autre qui serait loin de cette source de gravité. Ce phénomène, on l'appelle dilatation temporelle gravitationnelle.

[L'auditrice :] Euuuh... Est-ce que t'aurais une comparaison imagée pour les gens comme moi qui ont du mal à imaginer ?

Ben, par exemple, prenons deux horloges parfaitement synchronisées, à la seconde près. L'une est placée au sol, à la surface de la Terre, et l'autre est emmenée dans un satellite, par exemple, qui orbite autour de la Terre, où la gravité est plus faible. Après un certain temps, si on compare les deux horloges, celle restée sur Terre aura pris un peu de retard par rapport à celle du satellite. Du coup ben, la conclusion est assez facile, le temps s'écoule plus lentement à la surface de la Terre où la gravité est plus forte, que lorsqu'elle est en orbite, où la gravité est plus faible. Et d'ailleurs, cet exemple je ne le sors pas de mon chapeau ! Des expériences ont montré que, justement, des horloges placées à des altitudes différentes enregistrent des écarts infimes, mais bien réels, dans le temps écoulé.

[L'auditrice :] Mais du coup, pour les trous noirs, ça doit être énorme, non ? Parce, je crois me souvenir que c'est quand même des grosses bestioles...

Oui, il était peut-être temps qu'on s'y attaque. Certains trous noirs font effectivement partie des objets les plus massifs et les plus compacts de l'univers. De ce que l'on en sait, leur gravité est si forte que rien ne peut s'en échapper, pas même la lumière. Vous l'avez compris, par rapport à ce qu'on disait tout à l'heure, qui dit objet extrêmement massif, dit espace-temps vachement courbé. Donc en gros, plus vous vous approchez d'un trou noir, en particulier d'un de ces célèbres trous noirs dits supermassifs, plus la gravité devient intense et plus le temps ralentit.

D'ailleurs, imaginez un instant que vous soyez un ou une astronaute et que vous vous approchiez d'un trou noir pendant que vos amis vous regardent de loin. Bon, ça n'est pas possible dans la vraie vie, hein, mais juste, imaginons. Vous ne ressentez rien de particulier au début. Mais à mesure que vous vous approchez de ce qu'on appelle l'horizon des événements – en gros c'est un terme en physique pour définir la frontière qui marque le point de non-retour autour du trou noir – le temps commence à ralentir de plus en plus pour vous. Du point de vue de vos amis qui sont sur Terre, ils ont pour leur part l'impression que vous ralentissez dans votre chute. En fait, à leurs yeux, c'est comme si vous vous arrêtiez complètement juste avant d'atteindre l'horizon des événements. Ils ne vous verraient jamais vraiment tomber dans le trou noir, parce que, pour eux, le temps se serait presque figé là où vous vous trouvez.

[L'auditrice :] Ça semble complètement fou ! Pourquoi ça a cet effet ?

Ben, tout simplement, la gravité intense d'un trou noir modifie l'écoulement du temps, comme on l'a dit. Plus vous êtes proche du trou noir, plus vous vous approchez de son centre, plus le temps s'allonge du point de vue d'un observateur externe. C'est un effet extrême de la relativité générale. Mais attention, pour être plus précise, notons quand même une petite chose. Un astronaute chutant en direction de l'horizon d'un trou noir va bien atteindre cet horizon en un temps fini et court d'après l'horloge qu'il emporte avec lui. De son point de vue, le temps s'écoule normalement. Alors que, de l'extérieur, cette horloge semble ralentir et les mouvements de l'astronaute se figer au point que jamais il n'atteint l'horizon – ce qui n'est pas vrai, il l'atteint bien mais une sorte d'illusion d'optique nous fait croire qu'il est figé dans l'espace. Il n'en reste pas moins que le ralentissement du temps aux abords d'un trou noir est bien réel. Comme dans *Interstellar*, si l'astronaute ne reste près du trou noir que quelque temps et s'en éloigne ensuite pour retrouver un observateur resté à grande distance, il verra que cet observateur a pris quelques années dans les dents. Pendant que notre voyageur se contentait de faire un aller-retour près du trou noir, où le temps passe plus lentement, du côté de l'observateur, le temps continuait sa marche impitoyable. Selon les points de vue, on peut donc dire que l'observateur a vieilli plus vite ou que le voyageur a vieilli plus lentement.

[L'auditrice :] Mais dans ton exemple, l'astronaute, il se rend pas compte de ça ?

Non pas du tout ! Pour lui, rien ne semble anormal... bon, à part le fait que son pote ait désormais des cheveux gris. Le temps s'écoule normalement, à son propre rythme. C'est comme si ses amis et lui étaient dans deux réalités différentes. En gros, si vous êtes l'astronaute, vous ne ressentiriez pas ce ralentissement du temps vous-même, parce que votre perception du temps est toujours relative à votre position et votre propre expérience. Pour dire les choses plus simplement : si le temps ralentit là où vous êtes, vous ralentissez forcément avec lui. Bah oui, vous ne vivez pas hors du temps. Bon, je ne vais pas aller plus loin dans l'explication, parce que ça fait appel à des concepts de physique et d'astrophysique vraiment très compliqués, mais là on est déjà pas mal.

[L'auditrice :] Ben, merci parce que franchement, je trouve que c'était plutôt clair pour un truc compliqué ! Enfin, je crois... Si j'ai bien compris, c'est donc vrai, le temps ralentit quand on est près d'un trou noir ?

Exactement, c'est la conséquence directe de la gravité et de la relativité générale d'Einstein. C'est pour ça que le film *Interstellar*, qui je le rappelle a fêté ses 10 ans il y a quelques jours, est un film incroyable. Christopher Nolan, le réalisateur, a effectivement fait appel au physicien Kip Thorne dans l'élaboration du scénario, et a ainsi pu mettre en scène des concepts de physique complexes d'une manière vraiment grandiose. Alors évidemment, c'est un film, il y a toute une part de fiction là-dedans, mais il y a aussi de vraies théories connues. Franchement, je trouve ça fascinant et incroyable de penser que le temps lui-même peut ralentir, voire presque s'arrêter, dans des conditions extrêmes, comme ce qu'on a vu sur les trous noirs. Je ne sais pas ce que vous en pensez, mais ça donnerait presque le vertige de trop réfléchir à tout ça. Alors je vous propose qu'on s'arrête là, et qu'on redescende sur Terre.

Et vous, vous avez d'autres idées reçues à debunker ? Envoyez-les nous sur les apps audio ou en vocal sur Instagram, et nous les incluons dans de futurs épisodes. Pensez à vous

abonner à Science ou Fiction et à nos autres podcasts pour ne plus manquer un seul épisode, et n'hésitez pas à nous laisser un commentaire et une note pour nous dire ce que vous en pensez et soutenir notre travail. À bientôt !