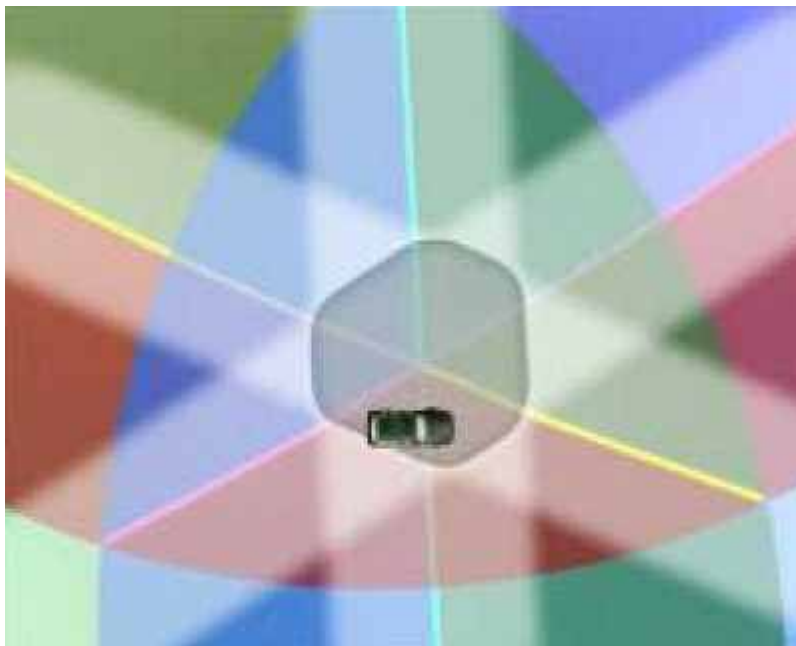


Hier, c'est demain

Si vous rêvez de voyager dans le temps, sachez que vos rêves ne sont pas totalement inaccessibles. Du moins en théorie. Les voyages dans le passé, ou le futur, n'appartiennent pas uniquement à l'univers de la science-fiction. Ils font aussi l'objet de recherches et de réflexions très sérieuses de la part de physiciens. Et ce n'est pas forcément une hérésie scientifique !

- Qui n'a jamais rêvé de voyager dans le temps ? Remonter dans le passé pour corriger ses erreurs, ou voir ce à quoi ressemblera notre avenir, nous l'avons tous déjà imaginé.



Mais au fond, c'est quoi le temps ? Et c'est quoi l'espace ? Nous sommes tous habitués à mesurer le temps et l'espace, avec des unités qui nous semblent figées : la seconde ou la minute par exemple pour le temps, ou encore le mètre ou le kilomètre pour l'espace.

Mais dans la vie de tous les jours, il nous arrive de percevoir le temps et l'espace comme tout à fait variables.

- pour un marathonien, une distance de 10km est « courte » ; pour vous et moi, qui manquons d'entraînement, c'est véritablement interminable
- de même, n'avez-vous jamais eu l'impression que le temps file quand vous êtes en retard ? Par contre, pour celui qui attend, le temps est terriblement long.

En fait, la perception que nous avons du temps et de l'espace n'est qu'une sensation subjective, liée à notre état d'âme : sur Terre, une minute dure une minute, et un mètre mesure un mètre.

Marc Henneaux - Physicien - Institut Solvay – Université Libre de Bruxelles

"On a effectivement parfois l'impression que le temps s'écoule différemment selon notre état d'esprit psychologique, mais ça évidemment, c'est subjectif. Quelque soit notre état d'esprit, le temps tel qu'indiqué par notre montre, s'écoule de la même manière ni plus vite, ni plus lentement, indépendamment de notre humeur. Ce que les physiciens ont montré c'est quelque chose de différent : c'est que le temps physique indiqué par une horloge, ça c'est une des grandes révolutions du début du 20ème siècle, ce temps physique s'écoule différemment par exemple en présence de gravitation."

Pour pouvoir imaginer que le temps et même l'espace ne sont pas figés, mais sont en quelque sorte flexibles, les scientifiques, Einstein le premier, ont dû inventer un nouveau concept physique : c'est ce qu'ils ont appelé « l'espace-temps ».

Philippe Spindel - Physicien – Université Mons-Hainaut

« Pour la formulation de la relativité restreinte d'Einstein comme temps et espace ne sont relatifs, ils deviennent inextricablement liés et le seul concept, le seul cadre géométrique dans lequel on peut réfléchir est celui d'espace-temps, c'est un espace avec une dimension en plus qui sera la direction du temps et des propriétés géométriques particulières qui vont permettre de refléter les lois physiques en particulier, donc ce principe de relativité. »

Pas facile d'imaginer que le temps et l'espace sont liés, et surtout déformables. Avant d'insister sur le temps, commençons par l'espace. Imaginons cet espace comme un tissu élastique et dessinons un triangle sur ce tissu : selon une simple règle mathématique, la somme de ses angles est de 180° . Maintenant, imaginons de placer au centre du triangle un corps très massif, comme notre étoile le Soleil.

Si on mesure à nouveau les angles et qu'on en fait la somme, on obtient un résultat supérieur à 180° ! Tout simplement parce que l'espace autour de notre étoile est déformé par sa gravitation, c'est à dire par sa force d'attraction. Le triangle aussi se retrouve donc déformé. Et on le voit, plus le corps au centre du triangle est massif, plus l'espace et donc le triangle, est déformé. Dans l'Univers, il arrive exactement la même chose. Prenons une étoile quelconque dans notre ciel. Pour atteindre un observateur situé sur Terre, la lumière qu'elle émet emprunte logiquement le chemin le plus court. En l'absence de tout corps céleste, aucune problème, la lumière emprunte une ligne droite. Mais si un objet très massif, comme une galaxie, vient se placer entre l'étoile et l'observateur, sa gravitation « déforme » l'espace autour d'elle. Résultat : le chemin emprunté par la lumière est dévié, à cause de cette déformation de l'espace.

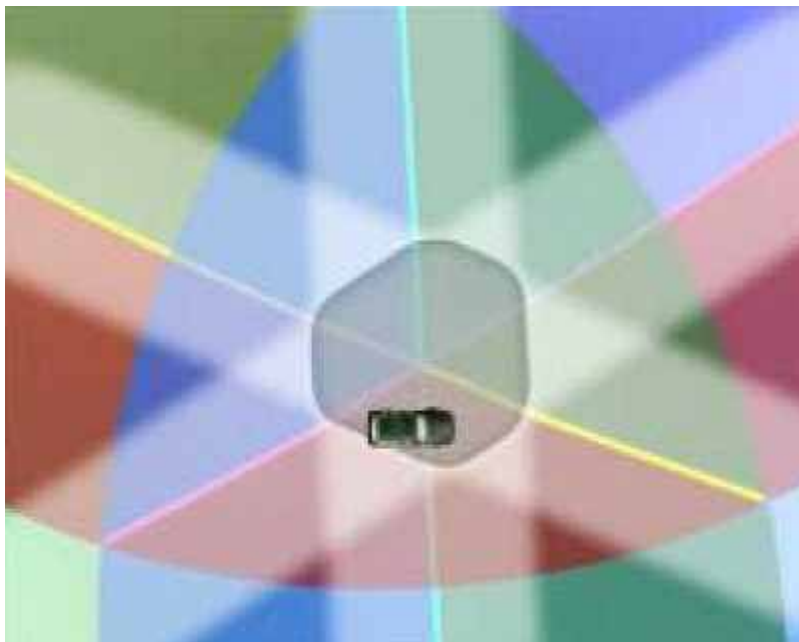
Ceci a pour conséquence pour l'observateur, que la lumière semble provenir d'un endroit où l'étoile n'est pas ! C'est ce qu'on appelle un « mirage, ou lentille gravitationnelle ».

**Frédéric Courbin - Astrophysicien - Polit. Scient. Fédérale –
Université de Liège**

« Ce qu'on voit ici, c'est 4 images d'un même objet qui a subi l'effet d'une lentille gravitationnelle qui est la galaxie rouge que vous voyez ici au milieu de l'image. Donc, cette galaxie extrêmement massive va déformer l'espace autour d'elle et la lumière va plus suivre un chemin en ligne droite comme s'il n'y avait pas de galaxie mais va suivre plusieurs chemins équivalents jusqu'à l'observateur et c'est pour ça qu'on voit 4 images d'un seul objet. »

On arrive donc à concevoir l'espace en termes de déformations, qu'on appelle courbures : notre Soleil, avec sa force de gravitation, déforme l'espace autour de lui, et toutes ces courbures déterminent aussi les trajectoires des planètes. Pour notre Terre, c'est pareil : elle déforme l'espace autour d'elle, et ça détermine la trajectoire de la Lune.

Eh bien pour le temps, c'est la même chose. Il existe bel et bien une élasticité du temps, qui affecte même, et oui !, le GPS des voitures. En effet, sur Terre le temps s'écoule plus lentement qu'au niveau de l'orbite des satellites. Impensable ? C'est pourtant vrai.



La marge d'erreur d'un GPS non optimisé

Selon les théories d'Einstein, la gravitation a une influence sur l'écoulement du temps. Plus cette gravitation est forte, plus le temps s'écoule lentement. En orbite, la force de gravité est forcément plus faible que sur la surface de la Terre. En fait, au niveau de l'orbite du satellite, une minute dure un peu moins qu'une minute terrestre.

A cause de cela, le système GPS embarqué dans la voiture devrait accumuler, chaque jour, un retard de 50 microsecondes par rapport au satellite. Cela peut paraître insignifiant, voire négligeable, pourtant ce n'est pas le cas. Le GPS calcule le temps que met un signal (radio) pour parcourir la distance entre le satellite et la voiture. Ce signal voyage à la vitesse de la lumière, 300.000 km/s. Etant donné que la position de la voiture dépend d'un calcul permanent, même si la différence dans l'écoulement du temps entre l'orbite et la Terre n'est que de 50 microsecondes, le décalage final peut aboutir à une marge d'erreur de plusieurs dizaines de kilomètres ! Il a donc fallu que les concepteurs du GPS trouvent un moyen pour synchroniser les horloges orbitale et terrestre.

Marc Henneaux - Physicien - Institut Solvay – Université Libre de Bruxelles

« On triche légèrement sur la fréquence de l'horloge embarquée par le satellite, on la règle légèrement plus bas que la fréquence d'horloge sur terre. Donc en réglant ça de manière plus basse, on compense le fait que le temps s'écoule plus vite là-bas sur le satellite qu'ici sur terre. »

Voici un autre exemple de flexibilité du temps, dû à la vitesse cette fois. BIP BIP Pendant toute sa carrière, un pilote de ligne accumule un grand nombre d'heures de vol. Ces vols se passent la plupart du temps à des vitesses proches de 1000 km/h.

Et là, ce sont aussi les calculs d'Einstein qui l'affirment : à cause de ces vols à grande vitesse, le temps indiqué par sa montre lorsqu'il est en l'air s'écoule plus lentement que sur le plancher des vaches.

Au total, sur 40 ans de carrière, la vie du pilote aura pris quelques dizaines de microsecondes de retard par rapport à la vie d'un observateur resté les pieds sur Terre !!! C'est évidemment un retard négligeable à notre échelle, mais attention : 1000 km/h, c'est encore une vitesse relativement réduite. Néanmoins, c'est bel et bien un retard.

Imaginons maintenant que nous puissions construire une fusée capable de voler extrêmement vite, presque à la vitesse de la lumière.

A cause de cette vitesse extrême, et selon la théorie de la relativité, le temps s'écoule beaucoup plus lentement à l'intérieur de la fusée, et donc pour les astronautes, que sur Terre. Si le voyage dure par exemple quelques années, les astronautes auront une drôle de surprise à leur retour sur Terre. Notre planète aura vieilli de plusieurs milliers, voire plusieurs millions d'années. Tous les continents auront bougé, et les astronautes n'auront peut-être plus personne à qui raconter leur voyage...



Le temps s'écoule différemment dans la fusée et sur Terre

Un premier moyen de voyager dans le temps, c'est donc de voler pendant assez longtemps à une vitesse suffisamment élevée. Pour l'instant, nous n'avons pas la technologie pour y arriver. Et dans ce cas, il s'agirait d'un voyage vers le futur sans possibilité de retour en arrière...

Dans cette fiction, on a imaginé de voyager dans le futur dans une machine qui elle ne se déplace pas. Pendant sa balade temporelle, le voyageur peut voir la vie s'écouler très vite à l'extérieur de sa machine.

Claude Semay - Physique nucléaire – Université Mons-Hainaut - FNRS

« Lui, voit l'Univers vieillir à très grande vitesse autour de lui, mais si on pouvait réellement voyager dans le temps, vers le futur, ce n'est pas du tout comme ça que ça se passerait ; il faut savoir que pour voyager dans le temps vers le futur, il faut se déplacer à grande vitesse et cela ne peut s'imaginer qu'à bord d'un véhicule spatial qui serait animé d'une vitesse proche de celle de la lumière. De plus, le voyageur qui serait à bord de ce véhicule verrait toutes les informations lumineuses lui parvenir dans un cône très étroit devant lui, un cône extrêmement brillant. En imaginant qu'il se déplace à la vitesse de « 1 an vers le futur par seconde » ça veut dire qu'il recevrait en une seconde, toute l'énergie lumineuse qu'il reçoit en un an ; ce qui pourrait lui poser quelques désagréments. Il faudrait donc que son véhicule soit pourvu d'un bouclier de protection qui le protégerait contre toutes les radiations qu'il recevrait. »

Pour l'instant, et même si ces images font travailler notre imagination, il nous est donc impossible d'un point de vue technologique de voler à une vitesse suffisamment grande pour voyager dans le temps. Car on l'a dit, cette vitesse doit être proche de la vitesse de la lumière, qui est de 300.000 km/s.

Dans l'Univers, il pourrait cependant exister des machines spatio-temporelles naturelles.

Il arrive en effet que la structure de l'espace-temps subisse d'énormes distorsions : c'est qu'on appelle un trou noir. La particularité des trous noirs, c'est d'être tellement massifs et denses, qu'ils attirent tout ce qui les approche. Même la lumière ne peut leur échapper. On s'est même rendu compte il existe plusieurs types de trous noirs, classés selon leur origine.

Jean-Pierre Luminet - Astrophysicien – Observatoire Paris-Meudon - CNRS

« Il existe des trous noirs de masse, dits « stellaires » parce que ce sont effectivement des trous noirs supposés se former dans les stades terminaux des étoiles extrêmement massives, des étoiles de plus 30 ou 40 fois la masse du soleil. Ces étoiles sont sensées exploser à la fin de leur vie en ayant épuisé leur carburant thermonucléaire sous forme d'une hyper-nova, qui est une sorte de super – super nova, tandis que le cœur de l'étoile est sensé former cet objet extraordinaire qui est un trou noir. »

Un second type de trou noir se rencontre au centre de presque toutes les galaxies. Ils se sont probablement formés juste après le Big-Bang, et animent les galaxies de leur mouvement de rotation. Mais au fait, puisque les trous noirs absorbent toute la lumière et sont donc invisibles, comment fait-on pour en déceler la présence ?

Frédéric Courbin - Astrophysicien - Polit. Scient. Fédérale – Université de Liège

« Ce que vous voyez derrière moi, c'est une galaxie, un ensemble d'étoiles dont chaque particule de gaz est une étoile, vous voyez un lot lumineux. Au centre se trouve un trou noir extrêmement massif et compact qui accrete la matière, donc la matière va brûler sur le trou noir et va libérer une quantité d'énergie énorme qui va ioniser les atomes environnements, c'est ce que vous voyez en rouge sur l'image. C'est comme ça qu'on arrive à identifier la présence d'un objet très massif, donc un trou noir, au centre de la galaxie. »

En février dernier, les astrophysiciens du monde entier ont pu observer une étoile qui a eu le malheur de passer trop près d'un trou noir, et voilà le résultat. L'étoile est véritablement déchiquetée par l'attraction du trou noir, et toute sa matière ira former pendant plusieurs millions d'années le disque autour de ce trou, avant d'être définitivement avalée...

On a aussi observé des mouvements bizarres des étoiles et d'autres corps célestes. Attirées par la force d'attraction, ces étoiles sont fortement déviées de leur trajectoire initiale. Et seul un corps très massif et dense, comme un trou noir, peut avoir cet effet.

Et voici ce que verrait un observateur en orbite autour d'un trou noir. Sa gravitation est tellement forte qu'elle déforme l'espace environnant, et dévie les rayons lumineux qui proviennent l'arrière du trou noir.

Mais pourquoi est-ce si intéressant d'étudier les trous noirs... tout simplement parce qu'ils pourraient être très utiles pour voyager plus facilement dans l'espace, et surtout dans le temps.

Jean-Pierre Luminet - Astrophysicien – Observatoire Paris-Meudon - CNRS

« Le puits creusé par un trou noir pourrait ne pas être bouché par un nœud de l'espace-temps, qui ne laisserait rien passer, ce qu'on appelle une singularité. Elle pourrait en fait au contraire connecter le fond d'un trou noir à une autre région de l'espace-temps, symétrique au trou noir d'où sortiraient spontanément la matière et l'énergie que l'on appelle « trou blanc » ou « fontaine blanche » et cette connexion entre les deux, on l'a appelée « trou de vers » pour figurer les galeries que peuvent creuser les vers de terre dans le sol, avec l'idée que si ces structures existent réellement dans l'univers, – ce sont des prévisions mathématiques – des particules voire pour la science-fiction, des vaisseaux spatiaux, pourraient emprunter ces trous de vers qui s'avèrent en fait quand on fait des calculs, être des raccourcis possibles pour voyager dans l'espace et dans le temps. »

Un trou de vers est donc une sorte de tunnel qui se situe en-dehors de notre espace à trois dimensions.

Mais pour avoir un trou de vers, on l'a vu il faut non seulement un trou noir, mais aussi un trou blanc. Tout comme les trous noirs, il semble que des trous blancs, aussi, auraient déjà été observés. Ce seraient des quasars ; c'est-à-dire des corps qui ressemblent à des étoiles, mais qui émettent une énergie équivalente à plusieurs galaxies. Et cette énorme quantité d'énergie viendrait justement de l'autre extrémité du tunnel, le trou noir, où est tombée toute la matière.

On l'aura compris, un trou de vers pourrait nous permettre de voyager dans l'espace, mais comment pourrait-on l'utiliser pour voyager dans le temps ?

Claude Semay - Physique nucléaire – Université Mons-Hainaut - FNRS

« Une fois qu'on a un trou de vers, on peut le transformer en machine temporelle. La première chose à savoir c'est que les deux bouches du trou de vers, c'est à dire les deux entrées du trou de vers peuvent être arbitrairement éloignés dans l'espace mais très proches l'une de l'autre à travers la gorge ; dans cet exemple les deux bouches sont séparées d'un mètre à travers la gorge et sont séparées de cent mètres dans l'espace ordinaire. Mais ça peut être aussi bien de 1 million de km ou de 1 milliard de km. Une fois qu'on sait ça, on peut imaginer une procédure pour transformer le trou de vers en machine temporelle. Vous prenez une des deux bouches du trou de vers et vous l'emmenez faire un voyage dans l'espace à très grande vitesse. De ce fait, vous allez induire un décalage temporaire entre les deux bouches. Une fois que vous aurez ramené la bouche à proximité de l'autre, les deux bouches ne vivront plus à la même date, un peu comme les passagers d'une fusée très rapide qui serait allée faire un long voyage dans l'espace qui reviendrait sur terre, ils seraient plus jeunes que les personnes restées sur terre. »

Le seul hic, c'est que le trou noir (et donc le trou de vers) le plus proche de nous se trouve à 30.000 années lumières (10.000.000 de fois la distance entre la Terre et le Soleil). Dans cette fiction, on a donc construit l'entrée d'un trou de vers carrément sur Terre.

Philippe Spindel - Physicien – Université Mons-Hainaut

« C'est là, une très belle vision d'artiste, mais dans l'état actuel de notre compréhension de la physique, ça reste irréalisable tant sur le plan des principes que sur le plan technologique. En effet, pour construire un trou de vers, il faudrait réunir dans une région macroscopique, d'énormes quantités d'énergies négatives. Or, la physique nous montre que des quantités d'énergies négatives ne peuvent exister que à l'échelle microscopique, en terme de fluctuation. »

La seule solution reste celle de s'approcher d'un trou noir, et de tenter notre chance en y plongeant... appel aux volontaires ?

Si les voyages dans le temps ne ressortent plus du domaine de l'impossible, alors, s'ouvrent toute une série de perspectives angoissantes. C'est ce qu'on appelle les paradoxes temporels.

Le plus connu des physiciens, c'est le paradoxe dit « de la boule de billard »

Construisons un petit trou de vers sur notre billard. Entre l'entrée du trou, en bas, et la sortie, en haut, on va remonter dans le temps, disons de quelques secondes.

Lançons maintenant une boule dans l'entrée du trou de vers. En principe, elle ressortira de la machine à remonter le temps quelques secondes plus tôt, de telle sorte qu'elle se heurte elle-même plus jeune. Dans ce cas, elle ne pourra

pas entrer dans le trou de vers, et encore moins en ressortir évidemment. D'où le paradoxe. Pour le résoudre, les physiciens imaginent donc un scénario légèrement aménagé.

Marc Henneaux - Physicien - Institut Solvay – Université Libre de Bruxelles

« La boule de billard va ressortir de l'autre bouche du trou de vers, va effectivement se diriger vers elle-même plus jeune, va l'effleurer. Donc il y aura effectivement une collision, mais la collision ne sera pas trop forte et n'empêchera pas à la boule de billard de rentrer dans la bouche du trou de vers et de remonter dans son passé. Donc ça, c'est une solution qui est cohérente. »

Cette solution implique néanmoins une infinité de boules revenant du futur, s'effleurant elles-mêmes plus jeunes, à l'infini...

Un autre fameux paradoxe, c'est le matricide. Imaginez de pouvoir remonter dans le temps, à une date antérieure à votre naissance. Imaginez de tuer votre mère, ou du moins d'empêcher que vos parents ne se rencontrent : vous créez alors un nouveau paradoxe.

Marc Henneaux - Physicien - Institut Solvay – Université Libre de Bruxelles

« Là, la manière de le résoudre, dans la mesure où ça implique des êtres vivants, certaines personnes cherchent à résoudre ce paradoxe en invoquant le libre arbitre et en disant, il y aura une force surnaturelle qui empêchera la personne de tuer sa mère avant d'être née. »

Finalement, on peut se demander si les voyages dans l'espace-temps sont bien raisonnables. D'un point de vue scientifique, ils sont tout à fait concevables, même si pour l'instant nous ne pouvons pas les réaliser, vu notre faible niveau de technologie.

Il faudrait soit des vitesses très élevées pour voyager dans le futur, soit avoir la possibilité d'ouvrir un trou de vers dans l'espace-temps pour voyager dans le passé.

Mais d'un point de vue humain, et même si ça peut poser de gros problèmes, l'idée de pouvoir emprunter un simple tunnel, ou une simple porte pour revenir dans le passé et corriger nos erreurs fait rêver.

Bertrand Hespel - Philosophe des sciences - FUNDP

« Si nous pouvions remonter dans le temps, nous serions en quelque sorte « maîtres » de notre destin et nous aurions donc confirmation de notre entière liberté. C'est certainement une manière un peu naïve de concevoir la liberté, mais il y a certainement quelque chose de cela dans ce désir d'imaginer que l'on pourrait revenir en arrière et effacer ce qui s'est produit et faire autre chose. »

Non les voyages dans le temps ne sont pas impossibles. Leur concrétisation pose néanmoins des problèmes d'ordre technologique, mais surtout philosophique.