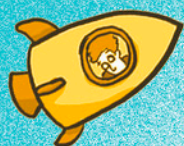


«Aussi délicieusement drôle qu'intelligent.»

CARLO ROVELLI

JORGE CHAM & DANIEL WHITESON



TOUT CE QUE VOUS AVEZ TOUJOURS VOULU SAVOIR SUR L'UNIVERS



Flammarion

Tout ce que vous avez toujours
voulu savoir sur l'Univers

Jorge Cham et Daniel Whiteson

Tout ce que vous avez toujours
voulu savoir sur l'Univers

Traduit de l'anglais (États-Unis)
par Sophie Lem

Flammarion

Copyright © 2021 by Jorge Cham and Daniel Whiteson
Tous droits réservés

L'ouvrage original a été publié en 2021 sous le titre
Frequently Asked Questions About The Universe aux Éditions Riverhead Books.

© Éditions Flammarion, Paris, 2023, pour la traduction française.

ISBN : 978-2-0814-5147-6

Pour Oliver
J. C.

Pour Silas et Hazel, dont le flux constant de questions a inspiré
– et souvent interrompu – l'écriture de ce livre.
D. W.

**TOUT CE QUE VOUS AVEZ
TOUJOURS VOULU SAVOIR
SUR L'INTRODUCTION**

Nous nous posons tous des questions, c'est l'un des traits distinctifs des humains.

Notre espèce peine à se mettre d'accord, qu'il s'agisse de politique, de sport ou du meilleur endroit pour déjeuner d'une fondue. Mais une chose nous rassemble : le besoin de *savoir*. En notre for intérieur, nous nous posons tous des questions, très souvent les mêmes.

Pourquoi est-il impossible de remonter le temps ? Est-ce que j'ai un double parfait quelque part ? D'où vient l'Univers ? Quelle sera notre longévité en tant qu'espèce ? Et *qui* ingurgite une fondue à midi ?

Heureusement, nous avons des réponses.

La science a fait des progrès incroyables au cours des cent dernières années, et certains grands mystères commencent à s'éclaircir. Certes, il nous reste encore d'immenses territoires à explorer (nous vous renvoyons à notre précédent ouvrage, *Tout ce que nous ne savons pas encore – Le guide de l'Univers inconnu*), mais notre compréhension commune de l'Univers a bien avancé. À tel point que nous estimons qu'il est grand temps de rassembler une série de réponses faciles à lire, agrémentées de dessins humoristiques, à quelques-unes des questions que l'humanité se pose de façon récurrente.

Dans ce livre, nous passerons en revue les interrogations les plus profondes et les plus existentielles qui nous taraudent, sur nous,

sur notre planète et la nature de la réalité. Vous êtes-vous déjà demandé pourquoi les extraterrestres ne nous ont pas encore rendu visite (en supposant que ce soit vrai) ? Ou si vous étiez vraiment unique, ou bien une simulation préprogrammée dans un jeu vidéo extraterrestre ? Restez-vous éveillé la nuit en vous questionnant sur l'existence d'une vie après la mort ? Eh bien, la réponse à tout ce que vous auriez toujours voulu savoir se trouve entre vos mains.

Chaque chapitre aborde une question fréquemment posée, en espérant révéler au passage quelques vérités époustouflantes sur notre incroyable Univers. Considérez ce livre comme votre meilleur atout lors de votre prochain dîner en ville, ou, si vous préférez, comme une lecture rapide et fascinante parfaitement adaptée à vos visites aux toilettes (avec une pensée charitable pour vos colocataires, nous avons fait en sorte que chaque chapitre soit assez bref).

Vous vous demandez peut-être quelles sont nos qualifications pour répondre à ces questions. Soyez parfaitement rassuré, notre aptitude à faire autorité sur à peu près n'importe quel sujet donné a été démontrée de la façon la plus éclatante : nous avons un podcast.

Dans notre émission audio bihebdomadaire modestement intitulée « Daniel et Jorge expliquent l'Univers », nous couvrons en effet des sujets allant des micro-ondes aux phénomènes intergalactiques, en passant par les hypothétiques particules fondamentales.

Mais c'est le fait de répondre aux questions de nos auditeurs qui nous a vraiment donné envie d'écrire ce livre. Pour nous, c'est l'un des aspects les plus passionnants d'un podcast. Rien n'illumine davantage notre journée que d'ouvrir notre boîte mail et d'y découvrir une interrogation bien pensée d'un auditeur curieux.

Et des questions, nous en avons ! Elles proviennent de personnes de tous les âges (de sept à soixante dix-sept ans, selon la formule consacrée), de toutes les professions et de tous les coins du monde. Vous seriez surpris des abîmes de perplexité que suscite l'Univers observable chez un enfant de neuf ans du Devonshire !

Notre questionnement et notre soif de connaissance nous tiennent à cœur. Beaucoup d'entre nous sont prêts à affirmer que s'interroger sur la nature du cosmos et sur la place que nous y

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'introduction

occupons est l'une des plus grandes joies de la vie. Bien sûr, il est parfois frustrant de ne pas obtenir immédiatement des réponses, ou de se retrouver avec encore plus de questions qu'avant (c'est le cas dans plusieurs chapitres de ce livre), mais le simple fait de *poser* des questions est une forme de pouvoir.

En effet, l'acte même de questionner implique qu'il est possible de trouver des réponses, ce qui est, à notre avis, porteur d'espoir. Qu'y a-t-il de plus encourageant que de croire que l'Univers et tous ses merveilleux mystères pourront un jour être élucidés et compris ?

Voyons donc où nous porte la curiosité collective de nos semblables et penchons-nous sur les questions qui les déconcertent. Les réponses seront parfois surprenantes et vous conduiront peut-être à remettre en question votre vision de l'Univers. Dans d'autres cas, elles seront terriblement décevantes et incomplètes, en particulier lorsque nous toucherons du doigt les limites actuelles des connaissances humaines.

Quoi qu'il en soit, n'oubliez pas que la meilleure part consiste à poser la question.

Amusez-vous bien !



PS : N'oubliez pas de tirer la chasse d'eau.

**POURQUOI EST-IL IMPOSSIBLE
DE REMONTER LE TEMPS ?**

Mais, au fait, qui a dit que c'était impossible ? Retourner dans le passé est un souhait très commun. Qui d'entre nous n'aurait pas envie de remonter le temps pour rencontrer des personnages célèbres ou assister en personne aux moments charnières de l'Histoire ? Vous sauriez enfin qui a tué JFK ou pourquoi les dinosaures se sont éteints.

De façon plus prosaïque, ce serait chouette de pouvoir revenir en arrière pour des choses moins glorieuses, corriger une erreur ou réparer une maladresse, par exemple. Imaginez un peu... vous renversez votre café sur votre pantalon préféré ? Hop, un petit saut en arrière dans le temps et vous évitez la catastrophe. Vous venez de dire à votre patron un truc que vous allez immédiatement regretter ? Rembobinez et, cette fois, vous vous jurez de tourner sept fois votre langue dans la bouche avant de parler. Après avoir commandé une pizza à l'ananas, vous constatez que c'est effectivement immangeable ? *Fast rewind*, mais, *per favore*, faites-moi le plaisir de choisir une pizza convenable ! Bref, vous auriez à votre disposition une sorte de bouton « annuler » (l'équivalent de Ctrl + Z, ou cmd + Z pour les snobs du Mac) à l'échelle de l'Univers.

Malgré son intérêt indéniable, les scientifiques n'ont pas encore construit un tel dispositif. Le passé est intouchable, et le temps reste notre grand ennemi ; il semblerait que nous soyons condamnés à regretter toute notre vie nos erreurs passées. Pas de seconde chance dans cet Univers !



Et pourquoi donc ? Pourquoi pouvons-nous changer le futur, mais pas le passé ? Y a-t-il une loi fondamentale de la physique qui interdit tout retour dans le passé, ou s'agit-il seulement d'un problème technique difficile à résoudre ?

Eh bien, vous serez agréablement surpris d'apprendre que les physiciens *n'excluent pas catégoriquement* l'hypothèse d'un tel voyage temporel : *en théorie*, il est *possible* de remonter le cours du temps. Bien que cela ne fonctionne pas comme dans les films, il n'est peut-être pas totalement impensable de parvenir à fabriquer un bouton *Rewind*. D'ailleurs, à la fin de ce chapitre, nous décrivons une toute nouvelle idée de voyage dans le temps, validée par les physiciens ¹.

Prêt ? Chaussez vos lunettes spéciales « machine à remonter le temps », dépoussiérez votre hoverboard ou votre DeLorean, car nous sommes sur le point de répondre à cette question intemporelle : pourquoi ne puis-je pas remonter le temps... pour le moment ?

MACHINES À REMONTER LE TEMPS CÉLÈBRES



HG. WELLS



LA DELOREAN



LE RETOURNEUR
DE TEMPS

#tbt

LE HASHTAG
DE TEMPS

1. Du moins par *un* physicien.

Faisable, possible et pas impossible

Tout d'abord, précisons ce que nous entendons lorsque nous voulons savoir si quelque chose est « possible ». En fait, cela dépend de la personne à qui vous posez la question.

Si vous demandez à un *ingénieur* s'il est possible de remonter le temps, il répondra par l'affirmative seulement s'il pense être en mesure de construire une machine dans ce but pour moins d'un milliard de dollars d'ici une dizaine d'années.

En revanche, posez la même question à un *physicien*, et il abordera le problème très différemment. Pour un physicien, une chose est possible s'il ne connaît pas de loi de la physique qui s'y oppose.

Par exemple :

TÂCHE	INGÉNIEUR	PHYSICIEN
FAIRE CUIRE UNE DINDE AVEC DES ARMES NUCLÉAIRES	COMPLEXE, MAIS POURQUOI PAS	TROP FACILE
FAIRE UN GÂTEAU DE LA TAILLE D'UNE MONTAGNE	NON	TOTALEMENT POSSIBLE
VOLER À MOINS DE 100 KM DE LA SURFACE DU SOLEIL	SURTOUT PAS !	JE NE VOIS PAS CE QUI POSERAIT PROBLÈME
VIDER LE CENTRE DE LA TERRE POUR INSTALLER UN PARC D'ATTRACTIONS GÉANT « ZÉRO GRAVITÉ »	JE DÉMISSIONNE	APPROUVÉ

Comme ce livre traite de la physique et de l'Univers, nous adopterons ici le point de vue des physiciens. Cela signifie que notre objectif dans ce chapitre est de déterminer si voyager à rebours dans le temps enfreint ou non une loi de l'Univers, et non de calculer s'il faudrait 14,7 trillions de dollars et des centaines d'années pour que cette perspective devienne une réalité. Nous sommes convaincus qu'une fois la chose déclarée possible par les physiciens, les ingénieurs finiront par trouver un moyen de la concrétiser. L'étape suivante consistera à refiler le bébé aux spécialistes des logiciels afin qu'ils codent une application dédiée (« Siri, remets mon café dans la tasse. »)



Pour savoir si les voyages dans le temps ont une chance d'être validés par les physiciens, nous devons d'abord penser le temps à leur façon. Le temps est un sujet très délicat, qui a dérouté et déconcerté les gens depuis... longtemps. En gros, pour un physicien, c'est ce qui permet à l'Univers de changer : le *flux*, le mouvement, la façon dont le *passé* se transforme en *présent*. Le temps est ce qui ordonne et organise une série de photos pour en faire un film fluide.

L'Univers est conséquent : il ne saute pas d'une situation à une autre sans rapport avec la précédente. Vous ne passez pas instantanément du canapé où vous lisez ce livre à votre serviette de plage, parce que le passé impose des limites à ce qui peut advenir dans le présent. Si vous preniez votre café il y a un instant, les présents possibles incluent – entre autres – que vous buviez votre arabica jusqu'à la dernière goutte ou bien que vous le renversiez sur votre pantalon. Il est en revanche exclu – et c'est heureux ! – que vous vous transformiez soudainement en un dragon bleu en train de siroter du jus de céleri fermenté.

Le passé contrôle les types de futurs que nous pouvons vivre. C'est ce qu'on appelle le principe de causalité (« La cause précède l'effet »), qui guide la physique lorsqu'elle tente de donner un sens logique à cet Univers fou, délirant et constellé de taches de café, et à la façon dont il évolue.

Ces changements s'effectuent de façon fluide et *demandent du temps*. Rien dans cet Univers n'est immédiat. Les événements sont liés les uns aux autres. Pour déguster une pizza maison, vous devez respecter tout un processus – impossible de claquer des doigts et de transformer instantanément de la farine, des tomates et du fromage en pizza. L'Univers exige que vous enchaîniez certains gestes :

Pourquoi est-il impossible de remonter le temps ?

mélanger les ingrédients, pétrir la pâte, cuire les tomates, boire un verre de rouge ¹, allumer le four et ainsi de suite. Ces étapes sont indispensables pour passer d'une configuration (les ingrédients bruts) à une autre (la pizza fumante). C'est le temps qui relie ces étapes, et, sans lui, l'Univers n'a tout simplement aucun sens.

En gardant cette conception du temps en tête, examinons maintenant les possibilités de voyages dans le temps qui s'offrent à nous.

Vous ne pouvez pas retourner dans le futur

L'une des raisons les plus tentantes de vouloir voyager dans le temps est de faire un saut dans le passé pour y changer quelque chose, dans l'espoir d'influencer l'avenir. Par exemple, éviter de renverser son café ou acheter des actions Netflix au lieu de Blockbuster Video (RIP). L'idée est d'apporter une modification au passé, puis de revenir dans le présent et de profiter des fruits de vos manipulations.

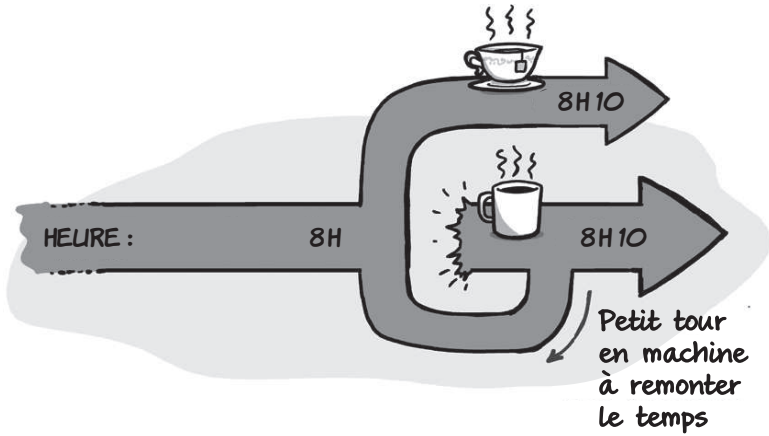
Mais voilà, il y a une faille dans votre plan, et pas des moindres : ce concept n'a aucun sens, tout simplement.

Si l'on envisage le temps comme la façon dont évolue l'Univers (ou dont la pizza se transforme en pizza), il devient plus facile de comprendre pourquoi modifier le passé est un non-sens. Imaginons que vous vous réveilliez un matin à huit heures et que vous vous fassiez un café. Petit problème, il est infect. Vous décidez donc de sauter dans votre machine à remonter le temps, de revenir à huit heures du matin et de préparer du thé à la place du café.

Ça marche peut-être au cinéma, mais pas en physique.

Car, du point de vue de la science, cela reviendrait à créer une configuration de l'Univers (celle où vous avez préparé un café imbuvable) qui ne soit pas reliée aux configurations antérieures. Si vous avez fait du thé et non du café, comment votre infâme expresso est-il apparu ? Pour un physicien, cela enfreint la loi de cause à effet : il y a un effet (le mauvais café), mais aucune cause (puisque vous

1. D'accord, le vin n'est pas absolument obligatoire.



avez bricolé du thé). Autrement dit, c'est comme si vous aviez fait une pizza sans jamais avoir mélangé les ingrédients. Hum.

À notre grand regret, ce qui précède rend impossible toute modification du passé. Le non-respect de la loi de cause à effet aurait pour corollaire un Univers non cohérent avec lui-même, ce qui n'est pas acceptable pour un physicien.

Vous êtes peut-être en train de vous dire : « Et les lignes temporelles séparées, alors ? Les histoires parallèles ? J'ai vu ça dans les films des *Avengers* ! » Malheureusement pour « Doc » Emmett Brown (et pour Iron Man), cela n'a aucun sens non plus. Comment pouvez-vous modifier une ligne temporelle ou en créer une nouvelle, alors que l'idée même de changement dépend du temps ? Les lignes temporelles *représentent* le changement, elles ne peuvent donc pas changer elles-mêmes. Et si le concept de multivers fait l'objet de recherches scientifiques sérieuses, ce n'est pas le cas de la possibilité de se déplacer ou de choisir entre des univers parallèles.

La physique a donc de nombreuses raisons d'affirmer que vous ne pouvez pas sauter instantanément d'un moment à un autre pour changer le cours des événements. Désolé si votre rêve de manipuler le marché boursier et de devenir riche grâce à la physique vient de s'envoler en fumée ¹.

1. Devenir riche grâce à la physique n'est pas un rêve réaliste, de toute façon.

Qui dit physicien dit solution

L'inviolabilité du principe de causalité signifie-t-elle qu'il est *impossible* de voyager dans le temps ? Eh bien, non ! Elle implique « seulement » que *modifier le passé* est impossible. Et si nous allons dans le passé ou le futur sans rien y changer ? Cela pourrait fonctionner. Imaginons que vous vouliez admirer les dinosaures en chair et en os ou découvrir à quoi ressemble le futur. Est-ce possible ? D'après notre compréhension actuelle de la physique, tout à fait (n'allez toutefois pas demander aux ingénieurs si c'est possible maintenant).

Pour comprendre comment nous pourrions y parvenir, il faut s'habituer à penser l'espace comme quelque chose de plus que l'espace. Les physiciens aiment se référer à l'espace et au temps pris ensemble comme à quelque chose qu'ils désignent (sans grande imagination, je vous l'accorde) sous le nom d'« espace-temps ».

Nous sommes habitués à nous déplacer dans l'espace près de la surface de la Terre, où les choses sont simples. Lancez une balle en l'air et elle redescendra. Marchez dans une direction et vous avancerez dans cette direction. Le temps se comporte lui aussi de façon régulière sur notre planète : l'horloge avance, et les horloges de la planète concordent.

Or la physique nous dit que, dans certaines parties de l'Univers, l'espace devient vraiment bizarre. Et dans ces cas-là, il est préférable de le penser comme lié au temps. Pour un physicien, nous ne nous déplaçons pas à travers l'espace *dans* le temps ; nous nous déplaçons dans une *chose* appelée espace-temps.

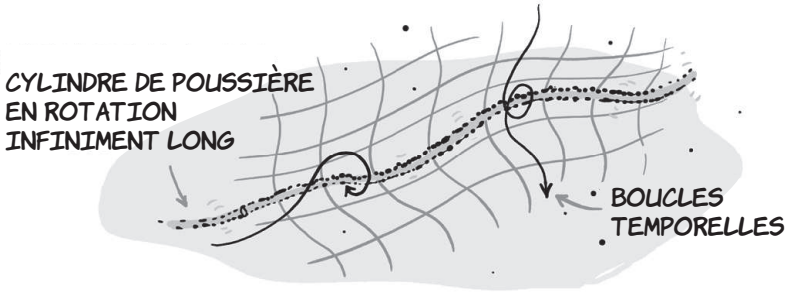
Et l'espace-temps est *très* étrange. Il fait des choses que nos esprits ont du mal à se représenter : il peut par exemple *s'incurver*. Se replier sur lui-même. Voire faire des boucles.

Voyons comment nous pourrions exploiter ces bizarreries pour notre voyage dans le temps.

Des cylindres de poussière infiniment longs

Selon Einstein, l'espace-temps se déforme dès que quelque chose de massif se trouve à proximité. C'est sa conception de la gravité :

davantage qu'une force, il s'agit d'une distorsion de l'espace et du temps. La Lune orbite par exemple autour de la Terre non pas parce que notre gravité l'attire, mais parce qu'elle tourne autour d'un entonnoir d'espace-temps courbé par la masse de la Terre, à la façon d'une voiture de course sur une piste incurvée.



La masse ne fait pas que courber l'espace : elle étire et comprime également le temps. Des configurations étranges de la masse sont à l'origine de bizarreries du temps. Si vous fabriquiez un cylindre infiniment long de poussière en rotation, quelque chose d'étonnant adviendrait : aux alentours de cette colonne tournante de poussière, le temps et l'espace se déformeraient d'une manière qui vous permettrait de vous déplacer en boucle dans le temps. Cela signifie qu'un objet pourrait potentiellement voyager sur un chemin qui le ramènerait au lieu même d'où il était parti, et au même moment.

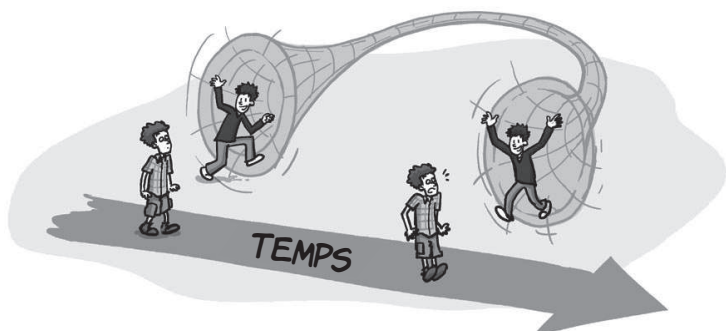
Trous de ver

Notre version moderne de l'espace-temps se plie ou se déforme d'autres manières incroyables. En se repliant sur lui-même, il peut créer un tunnel, une sorte de raccourci, entre deux points distincts : un « trou de ver », que nous nous représentons comme une distorsion ou un réarrangement de l'espace-temps.

La plupart des gens pensent que les trous de ver relient deux points différents *dans l'espace* (ce qui les rend potentiellement utiles pour voyager vers des galaxies lointaines). Mais, en théorie, les trous de ver relient aussi deux points différents *dans le temps*. (N'oubliez pas que nous avons affaire à une seule et même chose

Pourquoi est-il impossible de remonter le temps ?

appelée « espace-temps ».) En empruntant un trou de ver, non seulement vous vous retrouveriez instantanément chez votre vendeur de Bubble tea préféré, malencontreusement situé à l'autre bout de la ville, mais, avec un peu de chance, vous pourriez aussi y être *avant* que cette boisson ne devienne à la mode, évitant ainsi des queues interminables.



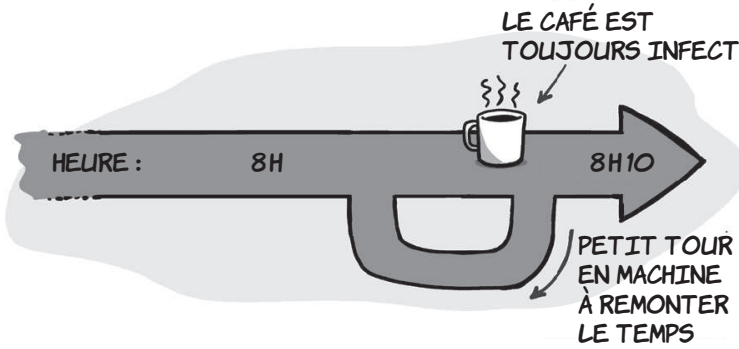
COMMENT SE FRAYER UN CHEMIN VERS LE FUTUR

Pas de seconde chance ?

Ce qui est étonnant avec les deux possibilités que nous venons de mentionner, c'est qu'elles permettent de voyager dans le temps sans enfreindre les lois de la physique. Tant que vous n'essayez pas de modifier le passé, vous avez le droit de vous déplacer dans cet espace-temps courbé qui vous emmènera dans le passé (ou dans le futur).

Le problème, c'est que vous reviendriez dans le même espace-temps que celui dans lequel vous vous trouviez auparavant (vous avez simplement pris un raccourci, ou fait une boucle), ce qui signifie que vous ne pourriez pas changer le passé *même si vous le vouliez*. En revenant en arrière dans le temps, si vous aviez enfreint la règle et averti votre moi de huit heures du mat' qu'il valait mieux préparer du thé et non du café, vous devriez obligatoirement vous en souvenir, parce que ces deux moi se trouvent dans la même ligne temporelle. Le fait que vous fassiez malgré tout un mauvais café et

que vous ne vous souveniez pas d'avoir rencontré votre moi futur venu vous avertir signifie que ce moi n'a jamais remonté le temps.



Pourrions-nous réellement effectuer ce genre de déplacements dans l'espace-temps ? La vérité, c'est que les physiciens n'en savent rien ! Cette hypothèse entre dans la catégorie « pas complètement exclue ¹, mais, pour autant que nous le sachions, totalement irréalisable ». Personne n'a construit un cylindre infini de poussières. Nous ne savons pas vraiment comment repérer des trous de ver, et encore moins comment les emprunter et les contrôler. Si l'on voit les choses du côté positif, « pas complètement exclu » signifie que c'est possible jusqu'à preuve du contraire, et que, même si vous ne pouvez pas faire repasser votre café de votre pantalon à votre tasse, vous pouvez tout de même rendre visite aux dinosaures ou voir à quoi ressemble le futur.

Suivre le courant

À ce stade, vous êtes peut-être un peu déçu, car ce n'est pas ainsi que vous imaginiez les voyages dans le temps. Certes, observer des dinosaures s'ébattre a son charme, mais c'est franchement

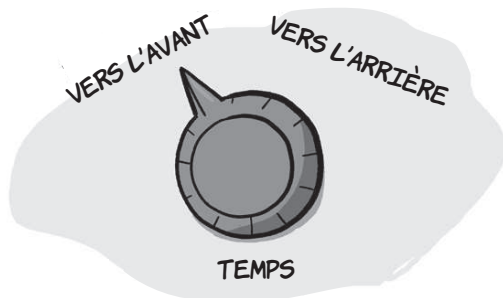
1. Mentionnons en passant que certains physiciens estiment que la théorie d'Einstein n'est pas tout à fait exacte et que ces boucles temporelles pourraient ne pas exister.

Pourquoi est-il impossible de remonter le temps ?

moins amusant si vous devez faire votre safari-photo avec du café plein votre pantalon.

Voilà pourquoi nous sommes fiers de vous présenter notre tout nouveau concept pour un voyage dans le temps différent, un concept qui pourrait vous donner accès au fameux bouton « Annuler » *sans* rompre le lien de cause à effet... Mais oui, nous avons pondu cette idée juste pour le livre – d’ailleurs, ça nous a bien pris une dizaine d’heures. Il faut bien un début à tout, et les grandes révolutions commencent souvent par de petits événements. Je vous rappelle que l’un de nous deux est physicien de formation !

Vous êtes prêt ? Alors voilà : et si nous pouvions *inverser* le cours du temps ?



En physique, de nombreuses lois déterminent comment l’Univers change avec le temps, et elles supposent toutes que le temps s’écoule. Toutefois, aucune ne nous explique vraiment *comment* fonctionne ce flux : nous ne savons pas pourquoi le temps s’écoule dans une direction (vers l’avant) et pas dans l’autre, ni si le temps doit *forcément* avancer. Presque toutes les lois de la physique fonctionnent parfaitement dans les deux sens.

Presque, mais pas toutes. Une ou deux lois fonctionnent apparemment de façon différente en marche avant et en marche arrière. Par exemple, le second principe de la thermodynamique affirme que les choses ont tendance à devenir moins organisées avec le temps (l’entropie croît dans un système isolé) et que la chaleur se dissipe. C’est la raison pour laquelle il est plus probable de casser un verre que de lui faire retrouver son état antérieur.

Cette loi n'exige pas toutefois que le temps avance. Elle dit simplement que, *si* le temps s'écoulait dans l'autre sens, la désorganisation diminuerait. Ce serait un spectacle curieux, car nous n'avons jamais vu le temps s'écouler en arrière, mais la physique ne peut pas l'exclure.

Ce qui nous amène à notre idée : et si vous construisiez un appareil capable d'inverser le cours du temps de manière sélective, par exemple seulement à *l'intérieur* de votre machine ? La machine elle-même ne voyagerait ou n'irait nulle part. Pour quelqu'un assis à l'extérieur, elle ne bougerait pas. Pourtant, à *l'intérieur* de la machine, les règles seraient différentes. Le temps s'écoulerait à l'envers, et les particules à l'intérieur feraient l'inverse de ce qu'elles font normalement dans un Univers où le temps s'écoule vers l'avant.

En contrôlant l'écoulement du temps de cette manière, il deviendrait possible d'annuler certains événements. Rapide illustration : vous installez votre bureau à l'intérieur de la machine et vous la réglez sur « écoulement normal du temps ». Par malchance, vous renversez votre café. Pas de panique : il vous suffit de demander à la machine d'inverser l'écoulement du temps pendant un court instant. Le reste de l'Univers suivra son cours normal, mais, à l'intérieur de votre capsule, le café retournera dans votre tasse. Lorsque la machine repassera en mode normal, votre pantalon sera immaculé. Bien sûr, vos pensées vont elles aussi revenir en arrière, si bien qu'il sera sans doute opportun de laisser une note à l'extérieur de la machine vous invitant à être plus attentif lors de votre pause-café !

La différence entre voyager en arrière dans le temps et inverser le cours du temps en un endroit précis n'est pas forcément évidente, mais, d'un point de vue physique, elle a son importance. Vous ou la machine *ne voyagez pas* vers une époque différente (ce qui romprait la relation de cause à effet) ; vous inversez simplement l'écoulement du temps dans un espace limité. Si l'on compare le temps qui passe à l'écoulement d'une rivière, cela revient à créer ici et là de petits courants de Foucault¹ qui circulent temporairement en sens inverse.

1. Courants induits qui apparaissent lorsqu'un solide conducteur est soumis à un champ magnétique variable, ou lorsque ce solide est en mouvement dans un champ magnétique constant.

Pourquoi est-il impossible de remonter le temps ?

Si ce scénario vous semble contraignant, poussons notre technologie imaginaire au niveau supérieur. Et si vous fabriquiez une machine suffisamment puissante pour faire le contraire, c'est-à-dire inverser le cours du temps dans *tout l'Univers*, sauf pour ce qui se trouve à l'intérieur de la machine ? Vous pourriez alors monter à l'intérieur de votre engin, appuyer sur le bouton et regarder l'Univers entier autour de vous défiler en sens inverse. Lorsque vous sortiriez, vous retrouveriez une version de l'Univers qui serait en pratique plus jeune (bien qu'il ait rajeuni sans vous).



LES SELFIES DE VOYAGE DANS LE TEMPS

Que pourriez-vous faire dans cet Univers plus jeune ? Acheter des actions Netflix, traîner avec JFK ou arrêter le café ¹.

C'est une idée folle ? Oui. Savons-nous aujourd'hui comment faire reculer le temps ou faire diminuer l'entropie ? Non. Est-ce que ça marcherait ? Aucune idée. Est-ce impossible ? Pas selon les lois connues de la physique !

Mesdames et Messieurs les ingénieurs, la balle est dans votre camp.

1. Honnêtement, si vous aviez commencé par là, vous nous auriez évité bien des soucis.

**POURQUOI
LES EXTRATERRESTRES
NE NOUS ONT-ILS PAS
ENCORE RENDU VISITE ?**

(En sommes-nous vraiment sûrs ?)

À l'idée que des extraterrestres débarquent sur Terre, êtes-vous fou d'excitation, ou au contraire terrifié ?



**LES AUTEURS SONT D'ACCORD POUR DIRE
QU'ILS NE SONT PAS D'ACCORD.**

Si des extraterrestres pointaient enfin le bout de leur navette spatiale, nous aurions quantité de bonnes raisons d'être survoltés. Réfléchissez : s'ils sont capables de franchir les distances gigantesques de l'espace interstellaire et de nous repérer, cela signifie qu'ils sont beaucoup plus avancés que nous. Nous pourrions alors leur poser des tas de questions ! Comment fonctionne l'Univers ? Comment est-il né ? Comment faites-vous pour voyager dans les étoiles ? Pourquoi certaines personnes mettent-elles de l'ananas sur leur pizza ? Oui, ce serait vraiment génial... Nous serions dispensés de centaines ou de milliers d'années de



recherches laborieuses² et nous aurions toutes les réponses à nos interrogations *maintenant*.

Minute papillon : et si le premier contact ne se déroulait pas aussi bien que nous l'espérons ? La visite d'extraterrestres avancés pourrait aussi tourner au cauchemar. Il suffit de considérer l'histoire de l'humanité. Que se passe-t-il généralement lorsqu'une civilisation plus développée rencontre une autre civilisation ? Est-ce qu'elles partagent pacifiquement leurs connaissances, leurs richesses et diverses collations ? Non : en général, la situation ne tourne guère à l'avantage de la civilisation « explorée ».



Dans un cas comme dans l'autre, il s'agira d'un événement mémorable, ce qui nous amène à nous interroger : pourquoi les extraterrestres ne nous ont-ils pas déjà rendu visite ? Après tout, les chances que la vie existe dans l'Univers sont relativement élevées. Notre galaxie contient à elle seule un nombre incroyable

-
1. Relisez vite *Le Guide du voyageur galactique* !
 2. Hé, rester assis à boire du café est un travail difficile !

Pourquoi les extraterrestres ne nous ont-ils pas encore rendu visite ?

d'étoiles (environ 250 milliards), et il y a des milliers de milliards, voire un *nombre infini*, de galaxies au-delà de la Voie lactée. Environ une étoile sur cinq possède une planète semblable à la Terre, ce qui signifie qu'il y a des milliards de milliards (si ce n'est une infinité !) d'endroits susceptibles d'abriter le développement de la vie. Il est donc assez peu probable que la Terre soit l'unique endroit de l'Univers où la vie, même intelligente, soit apparue.

Alors, pourquoi les extraterrestres ne nous ont-ils pas encore rendu visite ? Est-ce qu'ils nous évitent, ou est-ce que l'Univers est tout simplement trop grand pour prendre une tasse de thé entre voisins ? Et comment feraient-ils pour savoir que nous existons ?

Pour répondre à ces questions, examinons quatre scénarios possibles.

Scénario 1 : ils nous ont repérés et sont en route

Une première possibilité serait que les extraterrestres nous aient entendus et qu'ils soient déjà en chemin vers notre planète. Peut-être avons-nous affaire à des auditeurs modèles, qui ont capté certaines de nos émissions radio et télévisées que nous avons diffusées dans l'espace par inadvertance ? Intrigués et charmés par notre humour et notre culture, ils ont immédiatement armé un vaisseau et se dirigent droit sur nous au moment où nous écrivons ce livre.



Qu'est-ce que la physique peut nous dire sur ce scénario ? Est-il envisageable que des extraterrestres aient détecté nos signaux ?

Suffisamment de temps s'est-il écoulé pour qu'ils se trouvent vraiment dans les parages ?

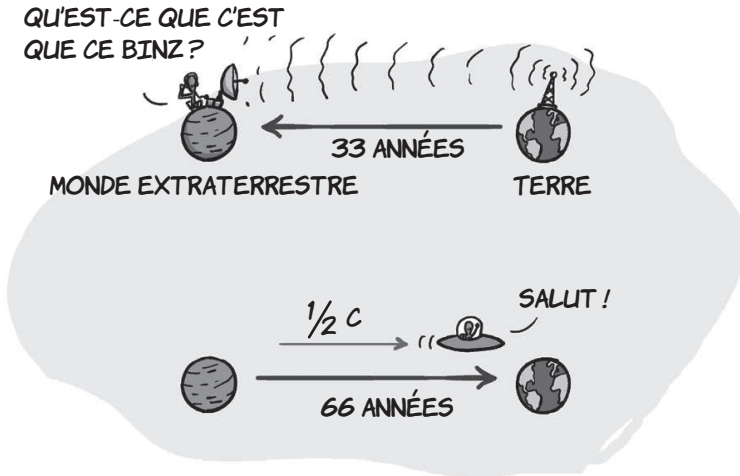
Nous ne diffusons pas de signaux radio depuis très longtemps, ce qui suffit à poser certaines limites. Notre espèce a commencé à émettre des signaux radio, télévision et autres il y a environ un siècle. Et si la vitesse de la lumière vous semble très rapide lorsque vous êtes coincé dans les embouteillages et que vous rêvez de rentrer chez vous, sachez que l'espace est très, très vaste. Ainsi, même des messages envoyés à la vitesse de la lumière mettront beaucoup, beaucoup de temps à atteindre d'éventuels mondes extraterrestres. Et, en supposant que ces derniers aient capté nos productions, il leur faudra de toute façon encore plus de temps pour arriver jusqu'à nous.

Passons en revue les aspects de leur voyage qui dépendent de la physique. Supposons que les extraterrestres disposent de vaisseaux spatiaux voyageant à une fraction raisonnable de la vitesse de la lumière (disons la moitié, soit environ 150 000 kilomètres par seconde). Nous pourrions nous inquiéter de la durée nécessaire pour accélérer jusqu'à cette vitesse colossale, mais, de manière assez surprenante, cela ne représente qu'une petite partie du périple. Même s'il s'agit d'êtres mous comme nous, bien incapables de résister à des forces d'accélération supérieures à quelques fois la gravité terrestre sans se transformer en crumble, l'essentiel du trajet se déroulera à la vitesse maximale. Et il est parfaitement possible d'atteindre la moitié de la vitesse de la lumière en moins d'un an en accélérant modestement à 2 *g* (deux fois l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre).

Maintenant, effectuons quelques calculs. Puisque nous ne transmettons des signaux radio que depuis une centaine d'années, des extraterrestres qui arriveraient incessamment sous peu ne sauraient vivre à plus de 33 années-lumière de nous : 33 années seraient en effet nécessaires pour que notre émission la plus ancienne leur parvienne à la vitesse de la lumière et environ 66 pour qu'ils débarquent avec leur vaisseau spatial (qui se déplace, avons-nous supposé, à la moitié de la vitesse de la lumière). Dans ce scénario, tout extraterrestre vivant à *plus de 33 années-lumière de nous* n'a aucune chance de débarquer dans l'immédiat, car il ne s'est pas

Pourquoi les extraterrestres ne nous ont-ils pas encore rendu visite ?

écoulé assez de temps pour qu'il reçoive le message et fasse le voyage.



Est-il possible que des extraterrestres se trouvent à moins de 33 années-lumière de nous ? Nous savons que le système stellaire le plus proche de nous (Proxima Centauri) se situe à un peu plus de 4 années-lumière. Or une planète de la taille de la Terre orbite autour de l'une de ses étoiles. Si elle abrite des extraterrestres qui ont entendu notre signal, ces derniers auraient eu tout le temps de sauter dans une navette spatiale pour nous rendre visite. Alors, pourquoi ne l'ont-ils pas fait ? Une théorie : ils guettaient le final de la série *Lost*, diffusé en 2010 et parvenu sur leur planète en 2014. On peut donc s'attendre à ce qu'ils débarquent bientôt pour râler !

Et si nous regardions plus loin ? Dans un rayon de 33 années-lumière, nous savons qu'il faut compter sur un peu plus de 300 systèmes stellaires, dont environ 20 % sont susceptibles d'abriter une planète de type terrestre (définie comme une planète ayant à peu près la même taille que la nôtre et se trouvant à la même distance confortable de son étoile). Cela signifie qu'il existe environ 65 planètes semblables à la Terre susceptibles d'entendre nos premiers signaux radio et de nous envoyer une délégation qui devrait être arrivée à l'heure actuelle.