

ROBERT L. WOLKE

**Ce qu'
EINSTEIN
disait à son
COIFFEUR**

**Des réponses décoiffantes
aux questions de tous les jours**

**Traduit de l'anglais (États-Unis)
par Julien Ramonet**

DUNOD

L'édition originale de cet ouvrage a été publiée en 2000 aux États-Unis par Bantam Dell Publishing Group, une filiale de Random House, Inc., sous le titre : *What Einstein told his barber: more scientific answers to everyday questions*.

This translation of *What Einstein told his barber: more scientific answers to everyday questions*, originally published in English in 2000 by Dell Publishing, is published by arrangement with The Bantam Dell Publishing Group, a division of Random House, Inc.

Copyright © 2000 by Robert L. Wolke

Maquette intérieure : Raphaël Tardif

Maquette de couverture : Claire Morel-Fatio

Relecture scientifique de la traduction par Jacques Toussaint

© Dunod, 2005, 2013, 2019 pour la nouvelle présentation
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com

ISBN : 978-2-10-079482-9

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Je dédie ce livre à feu mon père, Harry L. Wolke, à qui le destin n'a pas permis de suivre son inclination pour la science et le langage, ni même de voir son fils devenir un scientifique et un écrivain.

Celui-là est pour toi, P'pa

Remerciements

Je tiens à exprimer mon immense gratitude envers tous mes amis qui m'ont dit: «Eh, Bob, j'avais une super question pour toi l'autre jour, mais je l'ai oubliée.»

Je remercie sincèrement deux chics types avec qui j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler: mon agent, Ethan Ellenberg, et mon éditeur, Mike Shohl. Ethan a mené avec dextérité les négociations avec Mike, et Mike a utilisé son crayon bleu avec compréhension et parcimonie, appréciant mes blagues et leur laissant la vie sauve.

Les superbes dessins de Diana Zourelia ajoutent une touche légère à ce livre qui, sans eux, n'aurait été qu'une suite ininterrompue de pages monotones. Il m'a suffi de lui donner un résumé de chaque situation abordée, et sa créativité débordante a fait le reste.

Je suis redevable à Richard E. Eckels pour son explication sur les vraies raisons qui font que les avions volent.

Les deux femmes de ma vie, ma fille Leslie et ma femme Marlene, n'ont jamais économisé leurs encouragements, et leur considération pour ce projet n'a jamais fléchi, même si elles ont dû me partager avec mon ordinateur. Pour cela, pour leur amour et leur respect, je leur suis reconnaissant chaque jour de ma vie.

Table des matières

Introduction 9

Chapitre 1 – Bouger et s'agiter 13

Newton a découvert trois lois du mouvement ... *mais il ne s'est jamais posé ces questions :*

Pourquoi conduit-on à droite? Pourquoi les échangeurs des autoroutes sont-ils si compliqués? L'orbite de la Terre peut-elle changer si un milliard de personnes saute en même temps? Est-ce que le fait de sauter à la dernière minute dans un ascenseur qui tombe peut vous sauver? Où va la gomme de vos pneus lorsqu'ils s'usent? Une balle tirée en l'air peut-elle tuer quelqu'un en retombant? Pourquoi le Justicier Solitaire utilise-t-il des balles en argent? Qu'est-ce qui fait vraiment voler les avions? Les astronautes ont-ils un poids? Si l'on conduit plus vite que la vitesse du son, peut-on encore entendre la radio?... Et plus encore.

Chapitre 2 – Regardez par ici 47

Il faut le voir pour le croire ... *mais encore faut-il le comprendre.*

Qu'est-ce qui rend les couleurs fluorescentes si brillantes? Pourquoi la neige est-elle blanche? Pourquoi y a-t-il deux jeux de couleurs primaires? Comment les lampes fluorescentes et halogènes fonctionnent-elles? Pourquoi les miroirs semblent-ils inverser la gauche et la droite, mais pas le haut et le bas? Pourquoi les roues des diligences semblent-elles tourner à l'envers? Pourquoi les objets mouillés ont-ils l'air plus sombres? Pourquoi le verre est-il transparent? Pourquoi les bonbons WintOGreen Life Savers font-ils des étincelles?... Et plus encore.



Chapitre 3 – C'est chaud

97

Si vous ne supportez pas la chaleur, sortez de cet univers ... *car la chaleur est la forme ultime d'énergie.*

Est-ce qu'il fait deux fois plus chaud à 100 degrés qu'à 50 degrés? Qu'est-ce que la température, finalement? Jusqu'où la température peut-elle descendre? Pourquoi le sol de la salle de bains paraît-il si froid quand on marche pieds nus? Jusqu'où la température peut-elle monter? Comment une flamme sait-elle où est le haut? Pourquoi la flamme d'une bougie est-elle effilée en haut? Pourrait-on contrer le réchauffement climatique en allumant tous nos climatiseurs? Qu'est-ce qui est si dangereux dans les hautes tensions? Pourquoi ne pleut-il pas des moineaux morts?... Et plus encore.

Chapitre 4 – La Terre sous nos pieds

125

« O, Terre joyeuse, sur laquelle tes pieds innocents marchent sans cesse! »,
de Spenser
... et que ton esprit innocent essaie sans relâche de comprendre.

Pourquoi la Terre attire-t-elle tout vers l'endroit exact où se trouve son centre? Comment l'air chaud défie-t-il la gravité en montant? Si l'air chaud monte, pourquoi fait-il plus froid en montagne? Se peut-il qu'il fasse trop froid pour neiger? Puisque la Terre tourne si vite, pourquoi ne sommes-nous pas éjectés dans l'espace? Les astronautes peuvent-ils voir la Terre tourner en dessous d'eux? Un ours polaire serait-il plus léger à l'Équateur? Les toilettes se vident-elles dans un sens dans l'hémisphère Nord, et dans l'autre dans l'hémisphère Sud? Pouvez-vous poser un œuf en équilibre à l'équinoxe du printemps? Pourquoi l'énergie nucléaire est-elle si particulière sur la Terre? Comment fonctionne la datation radioactive?... Et plus encore.

Chapitre 5 – Le ciel et les étoiles

167

« Ces terrestres parrains des lumières célestes
Qui appellent par leur nom chaque étoile fixe
Ne tirent pas plus de profits de leurs nuits scintillantes
Que ceux qui errent en ignorant leurs noms. »

Peines d'amour perdues, de Shakespeare.

(Trad. de Jean Gilibert, Verso/Phébus, coll. dirigée par Jane Scrick.)

*Désolé de te contredire, Will, mais il est bien plus amusant de savoir ce que c'est.
L'air, le ciel, la Lune et les étoiles sont tous là-haut pour qu'on les comprenne.*

Comment les odeurs trouvent-elles votre nez ? Peut-on passer l'aspirateur dans le vide ? Pourquoi le fouet du dresseur de fauves claque-t-il si fort ? De quoi est fait le mur du son ? Pourquoi le tonnerre fait-il ce bruit ? Pourquoi la Lune paraît-elle plus grosse quand elle est basse sur l'horizon ? Pourquoi les étoiles scintillent-elles ? Comment la Lune fait-elle pour nous montrer toujours la même face ? Comment fonctionnent les marées des océans ? Arrive-t-il que la Lune soit bleue ? Pourquoi fait-il froid dans l'espace – mais y fait-il vraiment froid ?... Et plus encore.

Chapitre 6 – Tout mouillé

205

« On peut mener un cheval à l'abreuvoir, mais pas le faire penser. »
de Robert Wolke.

*Mais nous, les humains, pouvons méditer sur les propriétés remarquables
de la substance chimique la plus abondante de la Terre.*

De quelle couleur est l'eau ? Pourquoi la mer est-elle bleue ? Et salée ? Où se trouve précisément le niveau de la mer ? Pourquoi le café renversé forme-t-il un anneau en séchant ? Pourquoi votre rideau de douche se colle-t-il à vous ? Comment les chaussettes disparaissent-elles à la laverie ? Quel est l'ingrédient le plus cher dans les lessives ? (La pub). Le verre est-il un liquide ? Qu'est-ce qui rend les glaçons troubles ? Si le taux d'humidité atteint 100 %, vais-je me noyer ? Comment désembuer son pare-brise ? Un fermier peut-il sentir la pluie ?... Et plus encore.



Chapitre 7 – Des trucs et des gadgets

245

« Celui qui meurt dans l'opulence a tout gagné. » Philosophie de golden boy.
Nous sommes entourés de centaines d'objets que nous utilisons sans vraiment les comprendre.

Les avions sont-ils sûrs ? Comment une gomme gomme-t-elle ? Pourquoi le caoutchouc est-il élastique ? Pourquoi les voitures sont-elles bruyantes ? Pourquoi les vêtements se froissent-ils ? Comment fonctionne un skateboard ? Que se passe-t-il si vous secouez une bouteille de boisson gazeuse ? Peut-on tirer de l'électricité d'un citron ? Les détecteurs de fumée sont-ils radioactifs ? De l'engrais peut-il exploser ? Comment les marins se lavent-ils ? Si vous arrêtez de faire la poussière, au bout de combien de temps seriez-vous recouvert ? Peut-on réparer une allumette ?... Et plus encore.

Un peu de jargon scientifique

285

Index

289

Introduction

Je sais ce que vous pensez. Vous vous demandez : « Einstein avait-il seulement un coiffeur ? »

Vous avez vu les photos, non ? Il paraît évident que le grand homme attachait plus d'importance à ce qu'il y avait à l'intérieur de sa tête qu'à ce qu'il y avait dessus.

Mais ce n'est pas un livre sur les coiffeurs, et il ne parle même pas beaucoup d'Einstein (son nom n'apparaîtra que quatre fois). C'est un livre de vulgarisation scientifique, le genre de choses dont Einstein *aurait* pu parler avec son coiffeur – des choses simples qui auraient pu paraître évidentes au grand scientifique, mais à propos desquelles le reste d'entre nous peut avoir des questions.

Il existe de nombreux ouvrages pour apprendre la science en s'amusant, écrits pour les jeunes lecteurs. Mais il n'y a pas que les enfants qui se demandent « Pourquoi ? » ou « Comment ? ». La curiosité ne disparaît pas après la puberté, pas plus que le plaisir de comprendre comment les choses se passent. Et pourtant, une fois « débarrassés » de la science à l'école, on trouve peu de livres pour les gens de tous les âges simplement curieux de ce qui les entoure, et qui aiment bien savoir comment les choses fonctionnent. Ce livre est un de ceux-là.

Vous êtes peut-être convaincu que la science « ça n'est pas pour vous », que c'est compliqué par nature et que, si vous posiez une question, vous ne comprendriez pas la réponse, tant elle serait technique et compliquée. Alors vous ne posez pas de questions. Vous êtes peut-être parvenu à cette conclusion à cause de mauvais souvenirs de vos cours de science, ou tout simplement à cause des reportages scientifiques dans les journaux et les magazines, et à la télévision. Ces sujets sont par définition techniques et compliqués, car ils décrivent les dernières découvertes des scientifiques



de premier plan. Sinon on n'en parlerait pas. Vous ne verrez pas une émission spéciale expliquant pourquoi le carrelage de votre salle de bains est froid quand vous marchez pieds nus. Mais l'explication de ce phénomène (*voir p. 105*) est scientifique, tout autant qu'une discussion sur les quarks ou les étoiles à neutrons.

La science est dans tout ce que vous voyez, entendez et sentez, et vous n'avez pas besoin d'être Einstein pour vous demander *pourquoi* vous voyez, entendez et sentez ces choses, car dans la plupart des cas les explications sont incroyablement simples, et même amusantes.

Ce livre ne parle pas de faits. Vous n'y trouverez pas les réponses à des questions telles que « Qui a découvert... ? », « Quel est le plus grand... ? », « Combien y a-t-il de... ? » ou « Qu'est-ce qu'un... ? » Les gens normaux ne se posent pas ce genre de questions. Une suite de réponses à des questions si peu naturelles pourrait vous permettre de gagner un jeu-concours, mais ça ne serait pas enrichissant, et ça ne vous apporterait pas la joie de la compréhension. La joie et le plaisir ne viennent pas de simples citations de faits, mais des explications – des explications en langage de tous les jours, qui vous feront dire : « Ouah ! Alors c'est *tout* ? »

Il y a plus d'une centaine de questions traitées dans ce livre, mais bien plus de choses encore peuvent être expliquées. Le monde physique est un réseau complexe d'événements, et rien n'arrive pour une seule et simple raison. En science, chaque réponse soulève de nouvelles questions, et aucune explication ne peut être complète.

Néanmoins, j'ai écrit ces modules de questions-réponses de façon à ce qu'ils soient indépendants, et que vous puissiez lire et comprendre chacun d'entre eux séparément. Ceci entraîne inévitablement des redites – un raisonnement logique ne peut être omis simplement parce qu'il est traité en détail ailleurs. Mais, comme tous les professeurs le savent, un peu de répétition n'a jamais nui à l'apprentissage.

À chaque fois qu'une question-réponse contient des informations similaires à une autre, vous serez renvoyé à la page correspondante. Ainsi, vous n'avez pas besoin de lire ce livre dans l'ordre. Lisez un module s'il attire votre attention. Mais ne soyez pas étonné d'être entraîné dans une suite de modules apparentés par des renvois de pages. Suivez le guide. De

Introduction

cette façon, vous suivrez des raisonnements à la suite les uns des autres, comme s'ils avaient été exposés dans un (que Dieu me pardonne) manuel scolaire, ce que ni vous ni moi ne voulons. Vous êtes allés à l'école, et j'ai enseigné. À chaque fois qu'une explication complète demande plus de détails que vous ne pourriez en vouloir, le complément est condensé dans un « coin des scientifiques ». Arrivé là, vous pouvez soit continuer votre lecture, soit passer à une autre question. À vous de voir.

J'ai scrupuleusement évité les termes scientifiques. Je suis convaincu que l'on peut expliquer n'importe quel concept par des mots simples; c'est pour cela que le langage a été inventé. Mais, pour plus de commodité, les scientifiques utilisent une terminologie que je qualifie de « jargon scientifique ». Quand un tel terme ne peut être évité, ou lorsque c'est un mot que vous avez déjà sans doute rencontré et que l'éviter serait maladroit, je le définis immédiatement en langage simple. Vous trouverez la définition de certains mots du jargon scientifique à la fin de cet ouvrage.

Je ne présuppose aucune connaissance scientifique de votre part. Il y a néanmoins trois termes omniprésents que j'utiliserai sans prendre la peine de les définir à chaque fois: atome, molécule et électron. Si vous n'êtes pas très à l'aise avec ces termes, vérifiez leur définition dans la section jargon scientifique avant de commencer.

Au fil du livre, vous trouverez quelques rubriques « Voyez par vous-même » – des choses amusantes que vous pouvez faire chez vous pour illustrer les principes expliqués. Vous trouverez également quelques « brèves de comptoir », qui vous rapporteront peut-être une tournée, mais qui déclencheront à coup sûr une discussion animée.

Quand Albert Einstein travaillait à l'institut des études avancées à l'université de Princeton, un jeune journaliste passionné s'approcha de lui un jour, son carnet à la main. « Eh bien, Professeur Einstein », lui demanda-t-il, « quoi de neuf du côté de la science ? »

Einstein le regarda de son regard doux mais pénétrant, et lui répondit: « Ah ? Vous avez déjà tout écrit sur la science *ancienne* ? »

Ce qu'il voulait dire, c'est que la science ne se limite pas aux dernières découvertes médiatisées. L'observation scientifique se poursuit depuis des siècles et, pendant tout ce temps, nous avons appris une somme



Ce qu'Einstein disait à son coiffeur

incroyable de choses sur le monde qui nous entoure. Nous avons hérité de la vaste connaissance qui explique les événements simples et familiers.

C'est la « science ancienne ». La science de tous les jours. La science dont traite ce livre.

Chapitre 1

Bouger

et s'agiter

Tout bouge.

Vous êtes peut-être tranquillement assis dans votre fauteuil, mais vous êtes loin d'être au repos. Je ne veux pas seulement dire que votre cœur bat, que le sang circule dans vos veines, et que vous trépignez d'impatience à l'idée d'apprendre une foule de choses fascinantes de ce livre. En bref, je ne veux pas simplement dire que vous êtes physiquement et mentalement en vie.

Je veux dire que, alors que vous êtes si paisiblement assis, la Terre sous vos pieds vous fait tourner à une vitesse d'à peu près 1 600 kilomètres par heure (la vitesse exacte dépend de l'endroit où vous habitez; voir p. 104). Notre Mère la Terre vous emporte simultanément autour du Soleil à environ 107 000 kilomètres par heure. Sans compter que le Système Solaire, toutes les étoiles et toutes les galaxies s'éloignent frénétiquement les unes des autres dans toutes les directions, à des vitesses incroyables.

D'accord, vous saviez tout cela. À part peut-être les vitesses exactes. Mais ce n'est pas tout.



Vous êtes fait de molécules (oui, même vous). Et toutes vos molécules vibrent et oscillent en cadence, pourvu que la température de votre corps se situe quelque part au-dessus du zéro absolu (*voir p. 103*). Les atomes constituant vos molécules sont aussi en mouvement, ainsi que les électrons dont vos atomes sont faits, et que les électrons, les atomes et les molécules du reste de l'Univers. Tout ce petit monde fut mis en mouvement il y a 13,5 milliards d'années (*voir p. 201*), et s'est agité depuis.

Alors qu'est-ce que le mouvement? Dans ce chapitre, nous allons voir comment tout, des chevaux aux voitures, en passant par les ondes sonores, les balles, les avions et les satellites en orbite se déplacent d'un point à un autre.



Choisir sa voie

Pourquoi conduit-on à gauche dans certains pays et à droite dans d'autres ?

Cela nous ramène au fait que la plupart des gens sont droitiers.

Bien avant l'avènement des armes modernes comme les fusils ou les voitures, les gens combattaient avec des épées et des chevaux. Si vous étiez droitier, vous accrochiez votre épée sur votre gauche, pour pouvoir la dégainer rapidement de la main droite. Mais, avec un long fourreau encombrant votre côté gauche, la seule façon d'enfourcher un cheval était de lancer votre jambe droite libre par dessus son dos. Et, à moins d'être dans un film de Mel Brooks, et de vouloir finir à l'envers sur votre destrier, cela signifiait que la tête du cheval se trouvait à votre gauche. Aujourd'hui encore, les chevaux sont dressés pour être sellés et montés par la gauche.

Une fois en selle, vous voudriez rester sur le côté gauche pendant votre trajet, car celui que vous croisseriez serait à votre droite, et si ce quelqu'un s'avérait être un ennemi, vous pourriez brusquement dégainer de la main droite, et passer cette canaille par le fil de votre épée. C'est pourquoi les cavaliers prudents sont toujours restés du côté gauche de la route.

Cette convention a également été respectée par les attelages, afin d'éviter de fâcheuses collisions avec les cavaliers. Quand les chevaux

Des trèfles à quatre feuilles

à vapeur firent leur apparition, certains pays perpétuèrent cet usage, particulièrement pendant la période de transition où les deux types de véhicules se disputaient la route.

Alors pourquoi roule-t-on à droite en France et dans beaucoup d'autres pays ?

Quand les épées rejoignirent les arcs et les flèches dans l'oubli, la nécessité de protéger son flanc droit disparut, et les règles de circulation connurent un flottement. Des pays plus jeunes ou moins attachés aux traditions choisirent le côté droit, sans doute car la majorité, droitière, trouvait plus confortable de circuler près du bord droit de la route. Les gauchers ne tardèrent pas à comprendre qu'il n'était pas très sage de discuter avec eux.

Certains pays dans lesquels je suis allé ont sûrement une forte population ambidextre parce qu'ils semblent préférer la conduite au milieu de la route.



Des trèfles à quatre feuilles

Pourquoi les échangeurs des autoroutes sont-ils si compliqués, avec toutes ces boucles et ces bretelles ?

Ils améliorent le trafic – de celui des entreprises de construction à celui des budgets de campagne des hommes politiques.

Désolé.

Elles nous permettent de tourner à gauche sans nous faire tuer par les véhicules venant en sens inverse. C'est une simple question de géométrie.

Lorsque l'on construit les premières autoroutes, les ingénieurs durent imaginer un moyen pour que le trafic puisse transiter d'une autoroute à une autre sans devoir s'arrêter à un feu rouge. Étant donné que nous conduisons à droite en France, tourner à droite ne pose pas de problème; il n'y a qu'à virer sur une bretelle de sortie. Mais tourner à gauche nécessite de traverser les voies d'en face, ce qui peut poser des problèmes faciles à imaginer.



Prenez la boucle. Elle vous permettra de tourner de 90 degrés sur la gauche en tournant de 270 degrés sur la droite.

Pensez-y. Un cercle complet contient 360 degrés; un virage à 360 degrés vous ramènerait exactement dans votre direction initiale. Si deux autoroutes se croisent à angle droit, tourner à gauche signifie virer de 90 degrés sur la gauche. Mais vous aboutirez au même résultat en effectuant trois virages à droite de 90 degrés chacun. C'est la même chose que lorsque vous voulez tourner à gauche en ville et rencontrez un panneau d'interdiction de tourner à gauche. Que faites-vous? Vous tournez trois fois à droite autour du pâté de maisons suivant. C'est ce que la boucle de la bretelle vous fait faire; elle vous fait tourner de 270 degrés sur les trois-quarts d'un cercle, vous faisant passer au-dessus ou en dessous des voies opposées.

Un échangeur reliant deux autoroutes est un trèfle à *quatre* feuilles, plutôt qu'à deux ou trois, parce qu'il y a quatre directions – par exemple nord, sud, est et ouest – et que chacune d'entre elles doit pouvoir tourner à gauche.

Lecteurs d'Angleterre, du Japon et des autres pays où on conduit à gauche, intervertissez simplement les mots «gauche» par «droite» dans les paragraphes précédents, et tout ira bien. Mais, pour tourner à droite, serrez à gauche. Enfin, vous voyez ce que je veux dire.

À vos marques, prêts... sautez !

Si tous les Chinois montaient sur une échelle de deux mètres, et sautaient tous en même temps, est-ce que cela pourrait faire sortir la Terre de son orbite ?

Non, mais cela serait une aubaine pour les pédicures chinois.

Je suppose que tout le monde choisit la Chine au moment de poser cette question parce que la Chine est le pays le plus peuplé de la Terre, avec 2,5 milliards d'entorses potentielles.

À vos marques, prêts... sautez !

Nous avons en fait ici deux questions en plus de celle de savoir pourquoi les gens qui demandent ça n'ont rien de mieux à faire (je plaisante, c'est amusant de se pencher sur ce genre de choses). La première question concerne l'importance de cette impulsion, et la deuxième question est de savoir si une impulsion, si forte soit-elle, est capable de changer l'orbite de la Terre.

Il est facile de calculer la quantité d'énergie transmise lors d'une chute gravitationnelle (et ne me dites pas que les Chinois ne tombent pas parce qu'ils ont la tête en bas). Si on prend une population de 1,2 milliards de Chinois, pesant en moyenne 68 kg chacun, leur bond collectif transmettrait au sol une énergie de 1600 milliards de joules (le joule est juste une unité d'énergie; relaxez-vous). Ce qui correspond à peu près à l'énergie libérée par un tremblement de terre de magnitude moyenne, mesuré à 5 sur l'échelle de Richter. Cela fait des millions d'années que la Terre connaît de tels séismes, et rien ne prouve qu'ils aient modifié son orbite.

Mais de toute façon aucun tremblement de Terre ni aucun tremblement de pieds ne pourrait modifier l'orbite de notre planète, alors laissons de côté les séismes et les échelles chinoises. La planète continue à tourner autour du Soleil car elle possède une certaine *quantité de mouvement*, c'est-à-dire qu'elle a une certaine masse et une certaine vitesse, la quantité de mouvement étant le produit de la masse par la vitesse. Notre planète entraîne avec elle tout ce qui lui est lié par la force de gravitation, y compris les Chinois sautant de leur échelle et les acrobates sur leur trampoline. Nous ne formons qu'une gigantesque masse, et sauter de haut en bas ne fera pas changer la masse totale de la Terre. Cela ne fera pas non plus changer la vitesse de la Terre, car tous les Chinois sont emportés à travers l'espace à la même vitesse que tout le reste de la planète; nous sommes tous à bord d'un immense vaisseau spatial. On ne peut pas changer la vitesse de notre voiture en poussant sur le pare-brise, n'est-ce pas? Pas plus qu'on ne peut la soulever en poussant sur le plafond.

Nous pouvons exprimer cela dans les termes de la troisième loi du mouvement de Newton, que vous avez dû entendre plus d'un million de fois (et vous l'entendriez encore, si cela ne tenait qu'à moi): « Toute action entraîne une réaction qui lui est égale et opposée. » Poussez sur un mur de briques, le mur vous poussera en retour. Sinon votre main traverserait. Lorsque



les Chinois atterrissent, leurs pieds frappent le sol avec une certaine force, mais au même moment le sol frappe leurs pieds avec la même force, dans la direction opposée. Ainsi, (a) il n'y a pas de force résultante qui pourrait affecter la trajectoire de notre planète et (b) ils ont mal aux pieds.



Sautez... maintenant !

Si je suis dans un ascenseur et que ce dernier se met à tomber, est-ce que je peux sauter au dernier moment pour éviter l'impact ?

Euh, d'accord. J'ignore combien de fois cette question a traversé l'esprit des gens anxieux dans les ascenseurs, ou combien de fois elle a été posée par l'entourage des scientifiques. Il serait facile d'y répondre par un seul mot (non) mais, quand on y pense, un tas de questions amusantes s'offrent à nous.

Pour commencer, voici la réponse-éclair : votre but est d'arriver en bas de la cage d'ascenseur comme une plume, sans vitesse de descente appréciable, c'est bien ça ? Autrement dit, vous devez compenser la vitesse de descente de l'ascenseur en sautant vers le haut à la même vitesse. L'ascenseur – et vous – devez tomber à disons 80 kilomètres par heure. Pouvez-vous sauter avec une vitesse approchant celle-là ? Les meilleurs joueurs de basket peuvent sauter à environ 8 kilomètres par heure. Fin de la réponse-éclair.

Considérons le moment juste avant que le câble de votre ascenseur ne lâche.

Au XVII^e siècle, bien avant les ascenseurs, Isaac Newton (1642-1727) comprit que, lorsqu'un corps exerce une force sur un autre, ce dernier exerce sur lui une force égale et opposée. C'est ce que nous appelons aujourd'hui la troisième loi du mouvement de Newton. Lorsque vous êtes dans l'ascenseur et que la gravité (force numéro un) vous maintient au sol, celui-ci exerce sur vous une force égale et opposée (force numéro deux). C'est pour cela que la gravité ne l'emporte pas et ne vous entraîne pas vers le sol. Il en va de même pour la cabine d'ascenseur elle-même ; ici, c'est la

Sautez... maintenant !

traction du câble qui contrebalance l'attraction de la gravité. Ainsi, ni vous ni l'ascenseur ne tombez. Vous montez et descendez ensemble à vitesse contrôlée lorsque le moteur enroule et déroule le câble autour d'une poulie en haut de la cage d'ascenseur.


$$E = mc^2$$

Le coin des scientifiques

Revenons sur ce moment durant lequel vous ne sentez plus votre poids quand l'ascenseur commence à tomber : de toute évidence, vous n'avez pas perdu votre poids. La gravité de la Terre agit sur vous comme elle l'a toujours fait, et c'est cette force que l'on appelle le poids (voir p. 36). Ce que vous avez perdu, c'est votre poids apparent. Votre poids ne se manifeste pas car vous ne vous tenez pas sur une échelle ou sur le sol, qui ressentent votre pression et vous la renvoient à travers vos pieds.

Évidemment, cette question sur les chutes d'ascenseur est hypothétique car les câbles d'ascenseur ne cassent pas. Et, si cela devait arriver, il existe des systèmes de sécurité (des parachutes) qui empêcheraient la cabine de descendre de plus d'un mètre ou deux. Mais, comme les montagnes russes le prouvent, certaines personnes aiment se faire peur.

Si vous faites partie des fans de montagnes russes, cette sensation de « flottement » que vous avez quand le train descend une pente est exactement la même que celle que vous pourriez ressentir dans un ascenseur en train de tomber. C'est ce que l'on appelle la chute libre (voir p. 41). Les astronautes en orbite ressentent la même chose (voir p. 36).

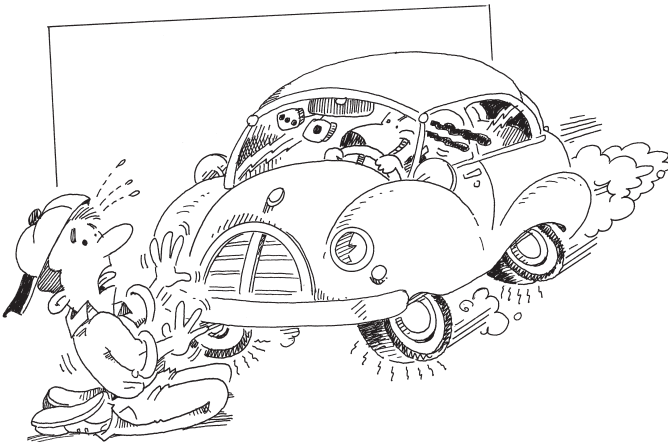


Quand le câble casse, la traction du câble et la force du plancher de la cabine disparaissent tous deux brusquement; vous et votre ascenseur vous trouvez alors à la merci de la gravité et commencez à tomber. Pendant un instant, vous flottez – vous ne sentez plus votre poids car la poussée du sol à laquelle vous êtes habitué a disparu. Mais, après cet instant d'élévation divine, la gravité se rappelle à vous, et vous tombez avec l'ascenseur.

Des pneus en bout de course

Quand la bande de roulement de mes pneus de voiture s'use, où va la gomme ?

Elle a disparu – et non, ce n'est pas pour cela que ça s'appelle de la gomme (*voir p. 248*); elle a été poncée et transformée en poudre fine par la route, d'où elle a ensuite été dispersée dans ce vaste et complexe endroit que nous appelons l'environnement. Une partie a été emportée par la pluie vers les égouts, l'autre a été emportée par le vent, et a fini par se déposer partout avec l'aide de cette même pluie. Finalement, toute la gomme a rejoint le sol et les océans et la Terre qui lui avait donné naissance. Comme tout le reste, les pneus retournent à la poussière.



Des pneus en bout de course

Nous avons tendance à penser que les pneus de voiture roulent en douceur sur la route, sans frottement qui pourrait leur arracher de la gomme. Cela ne pourrait arriver que s'il n'y avait aucune résistance entre la surface du pneu et celle de la route. Et s'il n'y avait pas de résistance, les pneus n'auraient pas d'adhérence et ne vous emmèneraient nulle part. Un jeu de pneus de ce type serait garanti à vie, car ceux-ci ne s'useraient jamais.

Il y a toujours une résistance entre deux surfaces qui se déplacent l'une par rapport à l'autre – même entre un pneu et une route; c'est ce que l'on appelle la friction. Même une roue en rotation frotte sur une route, bien que le frottement de roulement soit bien plus faible que le frottement de glissement. S'il le faut, vous pouvez pousser votre voiture vers l'avant, mais essayez de la pousser de côté pour voir.

La friction consomme une partie de l'énergie du mouvement, et la transforme en chaleur. S'il n'y avait pas de freinage dû à la friction, une machine pourrait fonctionner indéfiniment sans ralentir: c'est le mouvement perpétuel. Comme il y a toujours perte d'énergie par friction, aussi minime soit-elle, toute machine réputée présenter un mouvement perpétuel est nécessairement une imposture, malgré les bonnes intentions de son inventeur.



Si vous n'êtes pas convaincu que le frottement d'un pneu sur la route produit de la chaleur, touchez la surface de vos pneus avant et après un trajet sur autoroute. Une bonne partie de la chaleur que vous sentirez provient de la friction sur la route, mais une autre partie vient de la déformation continue de la gomme (voir p. 250).

Revenons à l'usure de la bande de roulement de vos pneus: dès qu'a lieu un frottement entre deux matériaux, l'un d'eux doit « céder » – c'est-à-dire que certaines de ses molécules sont arrachées par l'autre matériau. Entre vos pneus tendres et la route dure, il n'y a pas photo; c'est la gomme qui cède et qui perd graduellement de sa substance.



Si toutes nos routes étaient recouvertes d'un matériau plus tendre que la gomme, ce sont elles qui s'useraient plutôt que les pneus. Mais notre société a décidé qu'il serait plus pratique que les propriétaires des voitures changent leurs pneus plutôt que le gouvernement remplace continuellement le revêtement des routes. Alors, me demanderez-vous, pourquoi devons-nous toujours slalomer entre les plots oranges bordant d'interminables zones de travaux de réfection ? Malheureusement, je peux répondre aux questions scientifiques, pas aux questions politiques.

Les crissements de pneus que l'on peut entendre dans les courses-poursuites des films résultent d'un frottement de glissement : les pneus dérapent sur la route au lieu de rouler. À l'échelle microscopique, on verrait les pneus successivement adhérer et glisser des milliers de fois par seconde, émettant ainsi les sons caractéristiques d'un crissement. Il est facile d'imaginer qu'avec autant de friction entre le pneu et la route, beaucoup de gomme sera arrachée. En fait, la friction produit assez de chaleur pour faire fondre une couche de gomme, qui se dépose sur la route, laissant une trace noire de dérapage.



Vous ne l'avez pas demandé, mais...

***Pourquoi les pneus des voitures de course sont-ils si lisses ?
On pourrait penser qu'ils ont besoin de toute l'adhérence possible.***

C'est précisément pour cela qu'ils sont lisses. Les pneus ordinaires perdent une bonne partie de leur potentiel d'adhérence à cause des sculptures servant à évacuer la pluie et la boue vers l'extérieur. Mais les voitures de course roulent en général par beau temps, les sculptures ne sont donc pas nécessaires. Elles ne sont qu'un gaspillage de place, qu'il vaut mieux utiliser pour rajouter de la gomme, ce qui améliore le comportement en courbe et le freinage. Pour que la surface de contact soit encore plus grande, les pneus sont très élargis par rapport à votre véhicule familial. Et ils sont faits avec de la gomme très tendre qui s'use à une vitesse folle sur la piste. Vous pensez que vos pneus ne durent pas très longtemps ? À votre avis, pourquoi les pilotes passent-ils leur temps à s'arrêter pour changer les leurs ?



Sauve qui peut !

Dans les westerns, et même dans certaines régions du globe aujourd'hui encore, certaines personnes tirent en l'air en signe d'avertissement, ou juste pour faire du bruit pendant une fête. Mais ces balles doivent bien retomber quelque part. Quel danger courons-nous si l'une d'elles nous touche ?

Un danger assez sérieux. Comme nous allons le voir, la physique nous dit que, lorsqu'elle atteindra le sol, la balle aura la même vitesse que lorsqu'elle a quitté le canon du pistolet, soit entre 1 100 et 1 300 kilomètres par heure. Mais c'est sans compter la résistance de l'air. Plus vraisemblablement, la vitesse de la balle au niveau du sol se situe entre 150 et 250 kilomètres par heure. C'est suffisamment rapide pour traverser la peau humaine, et même si la balle ne pénètre pas, elle peut faire beaucoup de dégâts. Mais essayez de dire cela aux imbéciles qui s'amuse à « gentiment » tirer en l'air.

Il y a deux forces qui modifient la vitesse de la balle quand elle monte ou descend : la gravité et la résistance de l'air. Intéressons-nous d'abord aux effets de la gravité, et négligeons complètement les frottements de l'air.

Il est plus facile de comprendre le trajet de la balle si on l'étudie à l'envers. C'est-à-dire que nous commencerons à l'instant où la balle est en haut de sa trajectoire, et commence tout juste à redescendre. Ensuite nous étudierons le trajet montant, et nous comparerons les deux.

La gravité est une force qui agit sur un objet qui tombe – en fait c'est ce qui fait tomber l'objet – en l'attirant vers le centre de la Terre (*voir p. 126*), direction que nous appelons « le bas ». Aussi longtemps que l'objet est en l'air, la gravité agit sur lui, l'incitant à tomber de plus en plus vite. Plus longue sera la chute, plus longue sera l'action de la gravité sur l'objet, et donc plus grande sera la vitesse de chute (en jargon scientifique, on parle d'accélération).

L'intensité du champ gravitationnel terrestre est telle que, pour chaque seconde d'attraction – c'est-à-dire pour chacune des secondes que dure la



chute de l'objet – la vitesse de l'objet augmente de 9,8 mètres par seconde, soit 35 kilomètres par heure. Peu important la nature ou la masse de l'objet, car la force de gravitation est caractéristique de la Terre elle-même. Ainsi, pour chaque seconde de chute, la vitesse de la balle augmente de 35 kilomètres par heure. Si la chute dure dix secondes, la vitesse sera de 350 kilomètres par heure, et ainsi de suite.

Mais la gravité tire avec la même force sur la balle lorsque cette dernière monte. C'est ce qui la ralentit tant, jusqu'à la stopper en haut de sa course, juste avant de la faire redescendre. À chaque seconde du trajet ascendant, la gravité diminue la vitesse de la balle de 35 kilomètres par heure. La quantité totale de vitesse perdue par la balle en montant doit être la même que la quantité totale de vitesse gagnée en descendant, car l'effet de la gravitation est tout le temps le même. Si tel n'était pas le cas, c'est que la balle aurait gagné ou perdu de la vitesse à cause d'une autre force extérieure. Et il n'y avait pas d'autre force (exceptée la résistance de l'air, nous y viendrons).

Nous voyons donc que la gravité donne d'une main lorsque la balle descend, et prend de l'autre lorsque la balle monte. Si on ne tenait compte que des effets de la gravité, la balle aurait donc une vitesse ni plus grande ni plus faible lorsqu'elle toucherait le sol que lorsqu'elle a quitté le pistolet – sa vitesse de sortie –, et c'est la vitesse qui l'animerait au moment de toucher le sol.

... Ou un passant innocent.

Jusqu'ici, nous avons laissé de côté le ralentissement dû à l'air. Comme vous pouvez le remarquer en sortant votre main par la fenêtre de votre voiture quand elle roule, plus la voiture va vite, et plus l'air tente de retenir votre bras. Ainsi, alors que notre balle va de plus en plus vite sous l'influence de la gravité, la résistance de l'air tente de la ralentir de plus en plus. Assez vite, ces deux forces en conflit deviennent égales et se compensent. Ensuite, peu importe la hauteur de la chute de l'objet, il n'ira pas plus vite. Il a atteint ce que les physiciens appellent sa *vitesse terminale*, ce qui en jargon scientifique signifie vitesse finale.

Le terme «vitesse terminale» est si impressionnant que plus d'un étudiant innocent – j'en fus – a l'impression qu'il s'agit d'une limite fon-