

Barbara Sciascia

D'ICI AU BIG BANG

Illustrations d'Agostino Iacurci



Barbara Sciascia

D'ICI AU BIG BANG

Illustrations d'Agostino Iacurci



INFN - Laboratori Nazionali di Frascati
LAL - Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

@ 2016 Nicolas Arnaud, Marie-Hélène Schune, Monica Varvella, traduction

© 2008 Barbara Sciascia, texte

© 2008 Agostino Iacurci, illustrations

Contribution aux textes de Giovanni Nucci

Coordination et mise en œuvre Plan.ed
www.plan-ed.it

ISBN 978-88-86409-95-7

Imprimé en Italie par Arti Grafiche La Moderna – Rome

Préface de la version française

Je connais depuis longtemps l'auteure de ce livre : Barbara Sciascia, une scientifique brillante qui aime partager sa passion. Ce partage, elle le fait de façon rigoureuse car elle défend, comme elle le dit elle-même, l'idée d'une « vulgarisation scientifique sans tricher et sans dire que tout est facile ou magique ». Nous sommes loin du cliché et de la posture du scientifique hautain : « je sais tout et je suis dans ma tour d'ivoire ». Bien au contraire, les scientifiques expliquent leurs découvertes, partagent leurs connaissances et n'ont pas honte de dire qu'ils ne savent pas tout.

Ce petit livre est une véritable pépite avec de très belles illustrations. Un livre pour les enfants bien sûr ... Mais, dès que je l'ai eu entre les mains, je l'ai lu d'une traite sans m'arrêter ! Bravo Barbara, bravo également à l'illustrateur Agostino Iacurci. J'ai hâte de voir la suite de votre collaboration : vous n'allez quand même pas vous arrêter là !

Je suis également ravi que ce livre soit désormais traduit en français. Merci à Marie-Hélène Schune, Monica Varvella et Nicolas Arnaud d'avoir mené à bien ce projet.

Au LAL, nous avons une longue tradition de contacts scientifiques et amicaux avec l'Italie, l'INFN et en particulier avec le Laboratoire National de Frascati (LNF), où travaille Barbara. Le LAL et le LNF sont des laboratoires jumelés et nous venons juste de fêter les 50 ans de notre aventure scientifique commune, qui a commencé avec la réalisation des premiers collisionneurs électron-positron au monde. Le petit livre que vous tenez entre les mains est donc une pièce de plus apportée à ce parcours et j'en suis fier !

Achille Stocchi
Directeur du LAL
(Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire)
CNRS/IN2P3 et Université Paris-Sud

- Dis, comment est né l'univers ?
- Du Big-Bang,
- C'était quoi ?
- Un gros boum.



- Gros comment ?
 - Avant, il n'y avait rien. Puis il y a eu ce boum. Qui a tout créé.
 - Et avant le début ?
- Je viens de te le dire : rien.

- Tu en es sûre ?
- Oui !
- Vraiment sûre ?
- Oui ... En fait non ... je n'en suis pas complètement sûre.
- Ah !
- Mais je suis sûre du Big Bang.
- Pourquoi ?
- Tout le monde le dit.



- C'est qui tout le monde ?
- Les scientifiques.
- Super ! Et ils ressemblent à quoi ces scientifiques ?

... RIEN ...



BIG BANG



QUELQUE CHOSE

Bonne question !

J'ai souvent essayé de la poser et les réponses sont en général que les scientifiques sont des fous, ou bien dans la lune, désordonnés, très méchants (ou alors très gentils), dangereux ... En plus, ils savent tout mais ne pensent pas aux conséquences de ce qu'ils font ; et ils veulent détruire le monde – ou bien le sauver ...

Alors, je demande aux gens comment ils imaginent les scientifiques. La première image qui leur vient à l'esprit est que ce sont uniquement des hommes, toujours vêtus de blouses blanches. Puis ils décrivent un méli-mélo de tubes à essai et d'alambics, ainsi qu'un mélange de liquides colorés, bouillonnants et (parfois) malodorants. Ou bien alors ils imaginent les scientifiques très affairés à construire des machines compliquées, pleines de petites lumières et d'interrupteurs, dont personne ne comprend comment elles tiennent debout sans s'effondrer et encore moins comment elles fonctionnent. Et leur histoire se termine souvent par une explosion qui détruit tout : la machine, les instruments – et le scientifique.

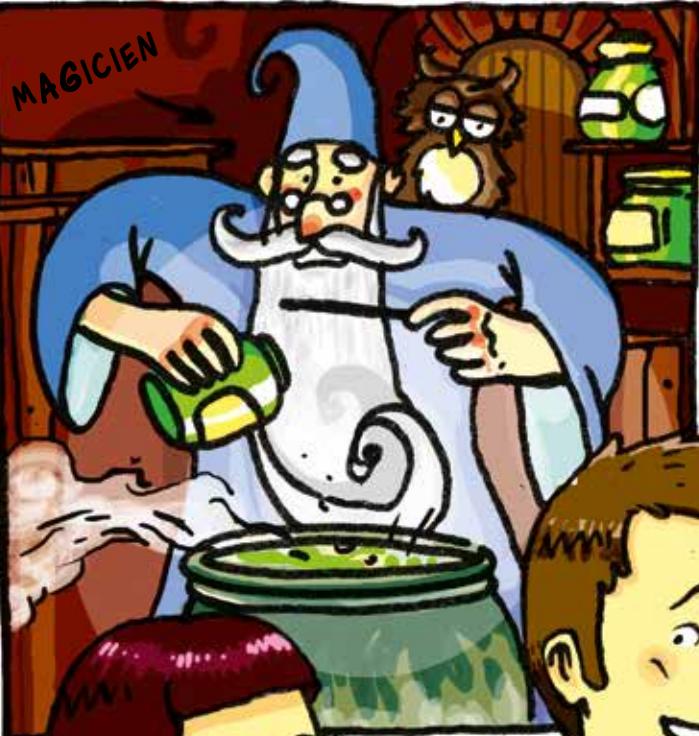
Rien de tout cela n'est vrai !

Commençons par la blouse. Dans les films et les dessins animés, les scientifiques portent toujours une blouse pour qu'on puisse les reconnaître et les distinguer des autres personnages. Mais, dans la réalité, seulement certains scientifiques portent cette tenue : les chimistes

et les biologistes par exemple, et uniquement s'ils doivent faire quelque chose de salissant. Et puis, le monde est plein de femmes scientifiques qui sont aussi brillantes que leurs collègues masculins ... voire meilleures. Et, de toute façon, aucun scientifique, homme ou femme, avec ou sans blouse, ne voudrait tout faire sauter juste pour une expérience.

En fait, en général, les scientifiques sont extrêmement prudents, précisément pour éviter ce genre de chose. Et sais-tu pourquoi ? Parce que ce sont des gens normaux. Ils ont une maman et un papa ; souvent ils sont mariés et ils ont des enfants. Ils font les courses dans les magasins et ils vont aussi chez le médecin quand ils sont malades. Lorsqu'ils le peuvent, ils vont au cinéma et aussi en vacances, à la mer ou à la montagne. C'est vrai qu'ils construisent parfois des machines compliquées (comme par exemple des télescopes ou, pire encore, des accélérateurs de particules) mais elles n'ont pas de secret pour eux. Ils savent tout de leur fonctionnement et connaissent les pièces qui les composent dans leurs moindres détails. Et ils font tout cela dans un seul but : comprendre comment fonctionne le monde.

MAGICIEN

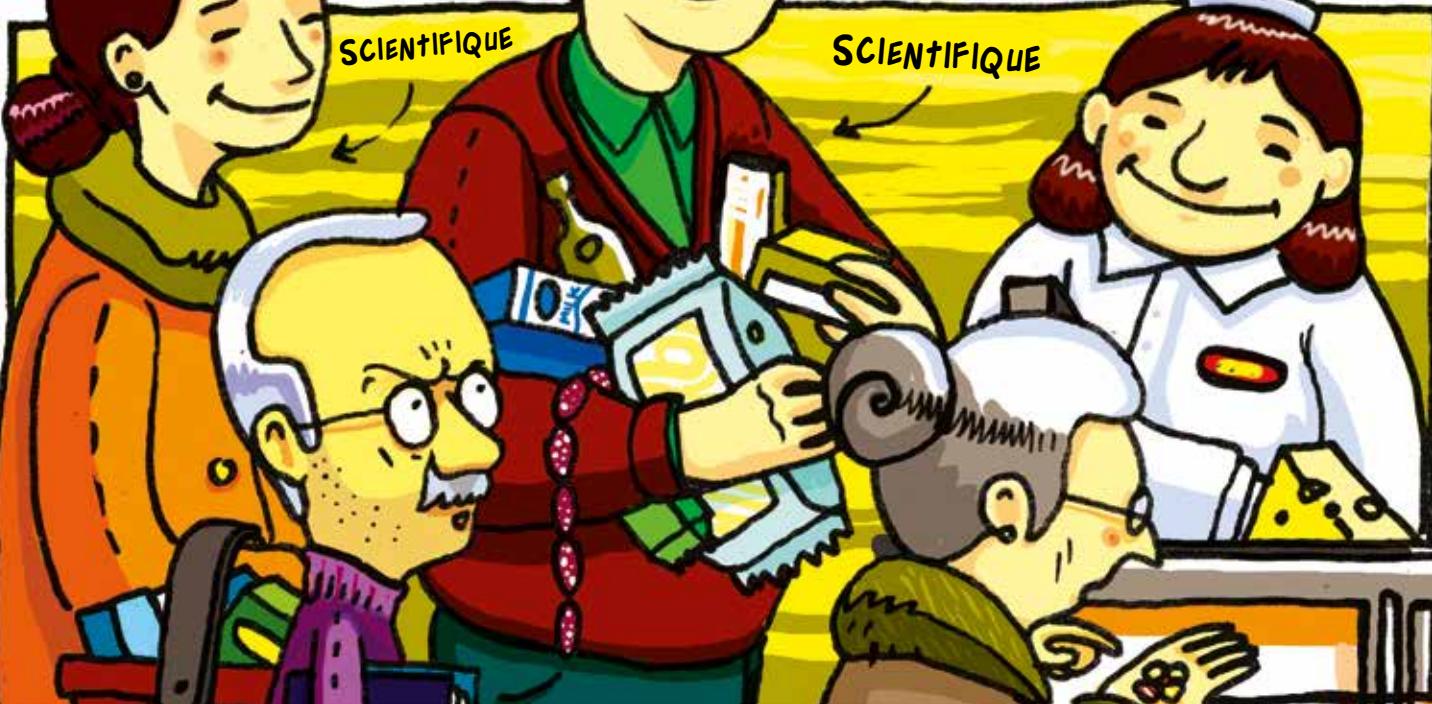


SAVANT
FOU



SCIENTIFIQUE

SCIENTIFIQUE



– Et comment font-ils, les scientifiques, pour savoir tout ça ?

– Ils ont leur propre méthode : la méthode scientifique.

– Scientifique !? C'est quoi cette méthode ?

– D'abord, un scientifique commence par chercher un phénomène qui l'intrigue.

– Donc c'est un fouineur ?

– Plus ou moins ... Les scientifiques sont généralement des gens très curieux qui se posent des tas de questions.

– Donc, pour faire le scientifique, il faut être curieux ?

– Oui, Mais après s'être posé plein de questions, il faut chercher des réponses.

– Comment ?

– Les scientifiques font des hypothèses, c'est-à-dire qu'ils ont des idées pour expliquer leurs observations. Toutes ces idées nouvelles mises ensemble forment une théorie. Il faut avoir beaucoup d'imagination pour bâtir une théorie nouvelle et il faut aussi avoir bien étudié ce que les autres scientifiques ont découvert auparavant.

– Et comment font-ils pour être sûrs que leur théorie marche ?

– Il faut faire les bonnes expériences. Puis comparer la nouvelle théorie avec celles qui existent déjà, avec toutes les observations et les résultats des expériences faites précédemment ...

– Comment ?

– Avec des maths ...

– Mais qu'est ce que les maths viennent faire dans tout ça ?

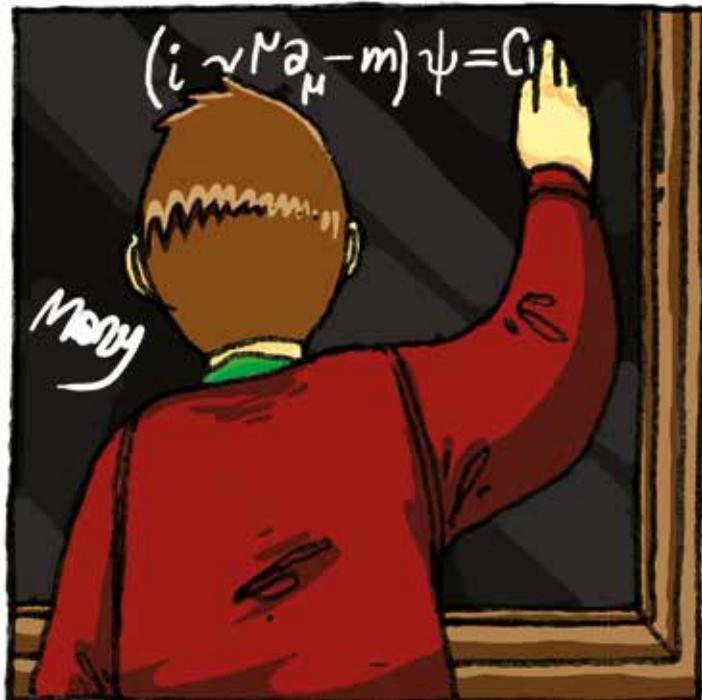
– Par exemple, pour tester une théorie qui décrit le mouvement des planètes dans le ciel, tu dois d'abord mesurer leurs positions et pour cela utiliser les maths. Ensuite, calculer où elles devraient se trouver d'après la théorie et pour cela utiliser à nouveau les maths. Enfin, si la théorie fonctionne, les résultats des mesures et les calculs doivent être en accord ; là encore ce sont les maths qui te permettent de le dire.

– Et puis ?

– Si tout colle, alors tu vas présenter ta théorie aux autres scientifiques. Ils pourront ainsi vérifier ce que tu as fait et peut-être même trouver une théorie encore meilleure ...

– Et si les autres scientifiques se rendent compte que ça ne marche pas ? Ou bien si tu fais une expérience et que tu observes quelque chose qui n'est pas en accord avec ta théorie ?

– Alors il faut modifier la théorie ou bien l'améliorer jusqu'à ce qu'elle explique ton expérience ou l'observation qui était en désaccord avec ta prévision.



Par exemple, tout le monde étudie au lycée la théorie de la gravitation universelle. Elle dit que la Terre est une planète qui tourne autour du Soleil. Et aussi que la Lune tourne autour de la Terre. Et encore que Jupiter tourne autour du Soleil et que tous les satellites de Jupiter lui tournent autour : un ballet de planètes qui tournent les unes autour des autres.

Aujourd'hui, cette organisation nous paraît très simple et claire, elle va presque de soi. C'est en partie parce que des hommes sont allés sur la Lune et ont pu observer de là-bas comment tout cela fonctionnait. Mais Isaac Newton, un Anglais qui vivait au 17^e siècle, ne pouvait pas aller sur la Lune pour voir ce qui s'y passait. Au mieux, il pouvait observer la Lune depuis la Terre grâce à un télescope. A cette époque, les savants disaient que c'était le Soleil qui tournait autour de la Terre. C'était une belle théorie mais elle ne marchait pas bien : dommage ! En effet, certaines de ses prévisions étaient fausses.

Newton a imaginé une théorie qui devait mieux fonctionner : la gravitation universelle. D'abord, il a dû faire toute une série d'hypothèses. Puis des expériences et finalement quelques calculs, pour voir si ses hypothèses étaient correctes.

Après tout ça, il avait compris comment des objets, comme des cailloux ou des crayons, se comportent. Par exemple pourquoi ils se re-

trouvent par terre quand on les laisse tomber. Et bien, il a également supposé que les planètes étaient comme des cailloux, juste un peu plus gros. Et donc que le mouvement des planètes suit les mêmes lois que ceux des cailloux.

Imaginons maintenant que nous lançons un caillou depuis un endroit élevé, par exemple une montagne. Plus on le lance fort et plus il tombera loin. Newton savait très bien calculer ce genre de choses avec sa théorie. Alors il a fait une autre supposition : il est parti de l'idée que les planètes étaient d'énormes cailloux lancés avec beaucoup de force. Ce n'est pas vrai évidemment, mais cette idée lui a permis de faire des calculs mathématiques ainsi que des expériences pour voir si sa nouvelle théorie était valide. Et effectivement, il a trouvé qu'avec ses hypothèses elle fonctionnait bien mieux que l'ancienne.



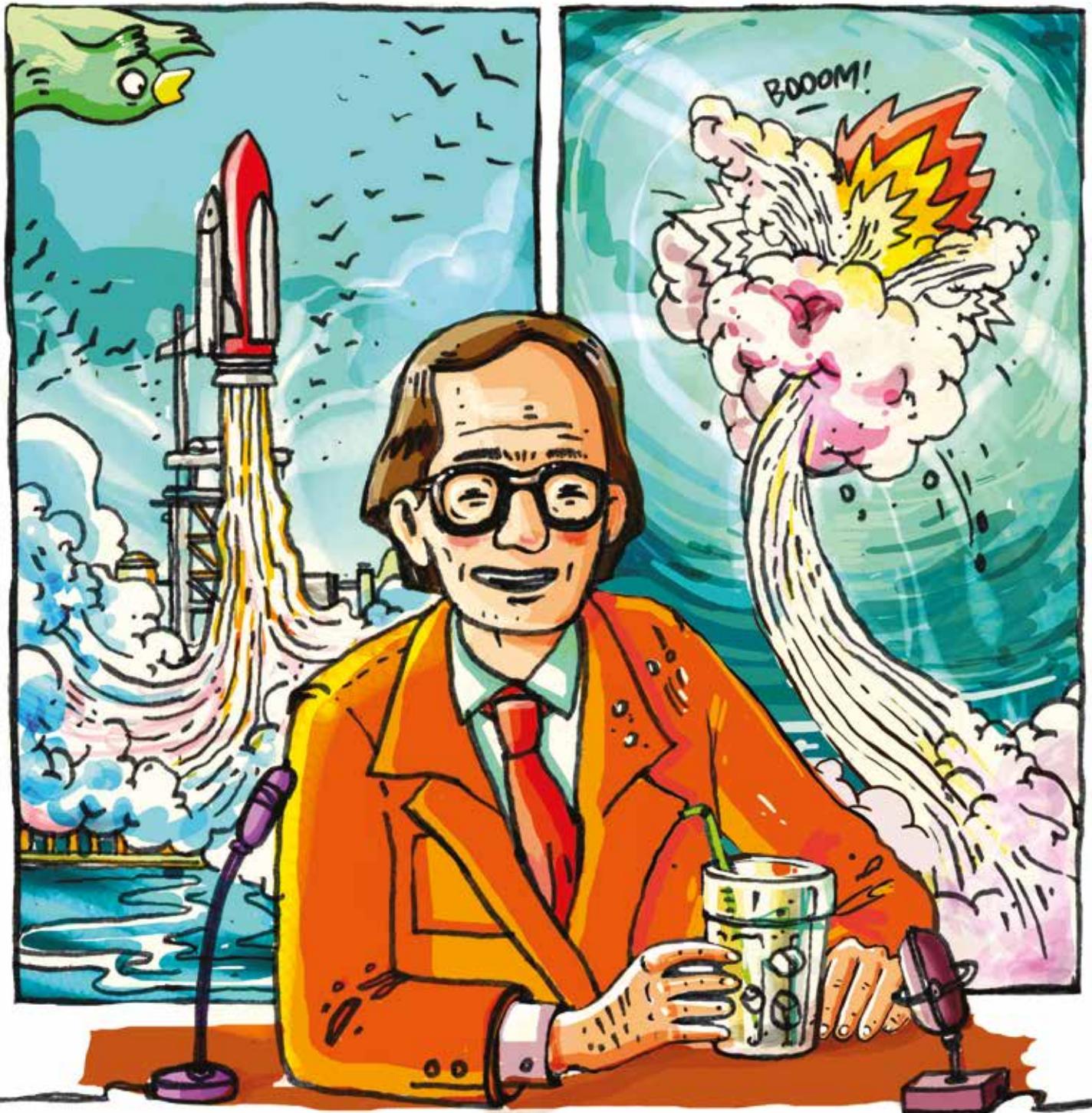
Un autre exemple c'est quand Challenger a explosé juste après son décollage. C'est une histoire un peu triste bien sûr, mais qui explique plein de choses.

Le 28 janvier 1986, quelques secondes après son décollage, la navette spatiale Challenger a explosé et tous ses membres d'équipage sont morts. Le gouvernement américain a alors formé un groupe d'experts qui devaient comprendre pourquoi la navette avait explosé. Parmi ces experts se trouvait Richard Feynman, un des plus grands physiciens du 20^e siècle. Feynman s'est retrouvé à discuter avec des hommes politiques, des astronautes, des avocats, des militaires, des ingénieurs et des experts en aéronautique.

Mais, après avoir passé beaucoup de temps en réunion, il a décidé à un certain moment que le mieux était de parler avec les équipes techniques qui avaient construit la navette, afin de bien comprendre comment chaque pièce du vaisseau spatial fonctionnait. Finalement, Feynman s'est convaincu que la catastrophe avait été provoquée par un simple joint défectueux. Un joint, c'est un anneau de caoutchouc comme celui qui empêche un robinet de fuir. Le joint de Challenger était de mauvaise qualité : quand l'air était trop froid, il devenait rigide et ne pouvait plus empêcher les fuites ; il avait donc laissé s'échapper des gaz brûlants issus de la combustion du carburant de la fusée. Un peu comme

quand le joint d'un robinet devient trop dur : le robinet fuit. Ce phénomène était connu depuis longtemps, mais il n'avait pas été considéré comme important. Le jour de la tragédie, le temps était froid et un des joints de la navette Challenger avait trop durci. Du gaz brûlant a fui d'où il n'aurait pas dû ; il a percé le réservoir d'hydrogène et tout a explosé.

Même si les autres membres de la commission d'enquête n'étaient pas d'accord, Feynman a voulu montrer à tout le monde comment ces joints rendus rigides par le froid pouvaient se rompre. Lors d'une réunion avec des journalistes, il a plongé devant tout le monde un de ces joints dans un verre d'eau glacée. Le joint a durci puis s'est cassé. Personne n'arrivait à croire que le fait d'avoir négligé un détail aussi insignifiant avait pu causer une telle catastrophe. Mais Feynman disait toujours que si on voulait que quelque chose fonctionne bien, la réalité des faits devait prévaloir sur les opinions, car on ne peut pas tromper les lois de la physique.



Pour étudier la Nature, les scientifiques comme Newton ou Feynman utilisent des appareils. Parfois ils les inventent, mais même quand ils ne le font pas, ils font confiance aux instruments qu'ils utilisent.

– Que veux-tu dire par « faire confiance à leurs instruments » ?

– Prends l'exemple d'une paire de lunettes. Nous avons tellement l'habitude de les porter que nous ne les remarquons même plus. Et nous ne nous demandons pas non plus si ce que nous voyons à travers nos lunettes est réel ou pas. On les utilise, c'est tout.

– Est ce que les lunettes sont des instruments scientifiques ?

– Bien sûr, et notre téléphone portable aussi. Quand on téléphone, on ne se pose pas la question de savoir si on parle vraiment à maman ou à papa, ou bien s'il y a un lutin microscopique caché dans l'appareil et qui imite leurs voix.

– Bon, alors si mon portable est aussi un instrument scientifique, je peux lui faire confiance ?

– Pour les lunettes comme pour les portables il y a des scientifiques, généralement des ingénieurs, qui les ont étudiés et contrôlés pour être sûrs qu'ils fonctionnent correctement. Par exemple pour vérifier que ce que tu vois à travers tes lunettes est bien la réalité. Pareil pour les voix que tu écoutes avec ton portable. Grâce

à tout ça, nous pouvons utiliser lunettes et téléphones portables sans même y penser.

– D'accord mais quel est le rapport avec les scientifiques ?

– Les scientifiques ont besoin d'instruments toujours plus sophistiqués et compliqués pour étudier la Nature.

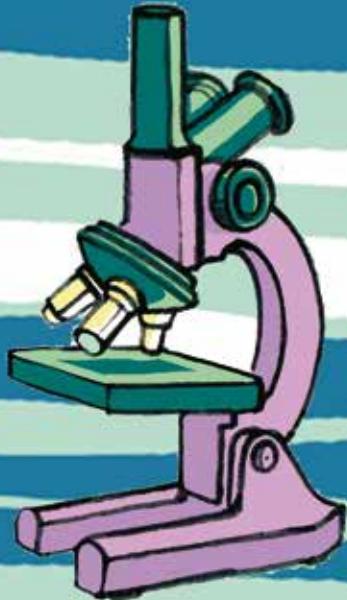
– Quoi par exemple ?

– Je ne sais pas moi. Les galaxies dans l'Univers ou bien les atomes, ou encore des objets plus petites que les atomes.

– Et ils les étudient avec leurs appareils ? Comme quand on prend sa température avec un thermomètre ?

– Oui, sauf que des nombres bien plus compliqués qu'une simple mesure de température peuvent sortir de ces instruments.





Imaginer des nombres très petits ou très grands nous donne une vue d'ensemble des connaissances que la science a apportées à l'Homme.

Commençons par les nombres très grands : 10^{26} . C'est difficile d'imaginer des nombres aussi grands. Alors, commençons par une longueur plus proche de nous : cent mètres. Nous connaissons bien ce nombre, que nous pouvons également écrire 10^2 . Si nous prenons une règle d'un mètre de long, nous devons la déplacer cent fois pour parcourir une distance de cent mètres. Jusque-là c'est facile. Pour faire mille mètres (10^3 mètres), nous devons répéter dix fois la procédure qui nous a permis de mesurer cent mètres. Et pour parcourir dix-mille mètres, (10^4 mètres), il faut répéter dix fois les opérations que l'on a faites pour mesurer mille mètres, ou cent fois celles que l'on a faites pour couvrir cent mètres ... Maintenant, essaie donc de penser aux cent millions de milliards de milliards de mètres (10^{26} mètres) de l'Univers ...

Imaginer les très petits nombres, c'est encore plus difficile que pour les grands. Au début c'est facile. Un centième de mètre (10^{-2} mètre) c'est un centimètre, comme tout le monde le sait. Et tu connais sans doute le millième du mètre (10^{-3} mètre): le millimètre. Continuons : la taille d'une cellule du corps humain est un centième de millimètre (10^{-5} mètre). Si tu prends une règle, réussiras-tu à diviser la plus petite des graduations (un millimètre) en cent parties

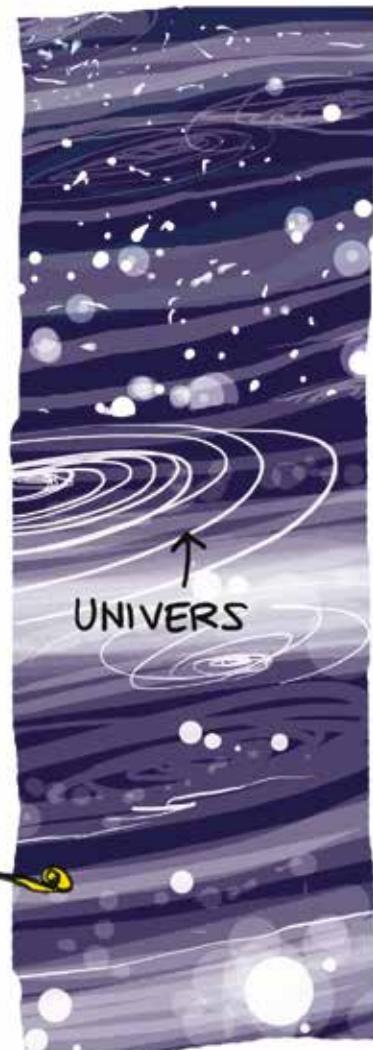
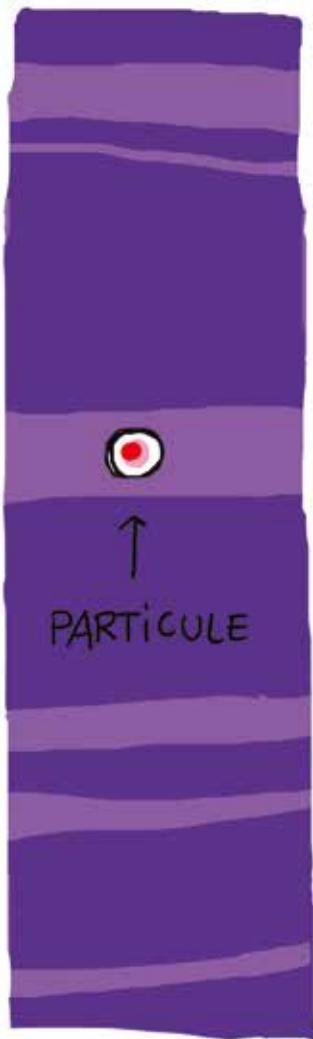
égales ? Un objet de cette taille n'est pas visible à l'œil nu : il faut un microscope optique. Un virus, comme ceux qui peuvent te donner un rhume, mesure un dixième de millionième de mètre (10^{-7} mètre) et il est invisible, même au microscope. Alors les scientifiques ont inventé un autre instrument, appelé microscope électronique, qui est capable de voir des objets aussi petits que le milliardième de mètre (10^{-9} mètre). Ainsi, à chaque fois que les appareils dont ils disposaient ne suffisaient plus à satisfaire leur curiosité ni à comprendre la réalité qui les entourait, les scientifiques ont conçu de nouveaux instruments. Pour étudier des choses d'une taille aussi minuscule qu'un dixième de milliardième de milliardième de mètre (10^{-19} mètre), les physiciens ont inventé et construit des instruments très grands, parfois plus grands qu'un stade de football, qu'ils ont appelés accélérateurs de particules.



10^{-19} m

1 mètre

10^{26} m



– D'accord, mais quel est le rapport de tout ça avec le Big Bang ?

– Il existe ! Maintenant que nous savons écrire des nombres très grands ou très petits et que nous avons une idée plus précise de la taille d'un grand nombre ou d'un petit nombre, nous savons de quoi nous parlons.

– Du Big Bang ?

– Bien sûr. Le « Big Bang » est la meilleure réponse des scientifiques à la question « Comment est né l'Univers ? ». Cette théorie dit que l'Univers a commencé il y a 13 milliards et 800 millions d'années (que nous pouvons aussi écrire $13,8 \times 10^9$ années). Elle dit aussi qu'à cette époque l'Univers était très petit et très chaud.

– Petit comment et chaud comment ?

– Plus petit que tout ce que tu peux mesurer et plus chaud que tout ce que tu peux imaginer, même le Soleil.

– Et ensuite ?

– Ensuite, avec le temps, l'Univers est devenu de plus en plus grand et de plus en plus froid.

– Et maintenant il est grand comment ?

– 10^{26} mètres. Et pour prendre les mesures de l'Univers tel qu'il est aujourd'hui, il a fallu utiliser des télescopes de plus en plus puissants.

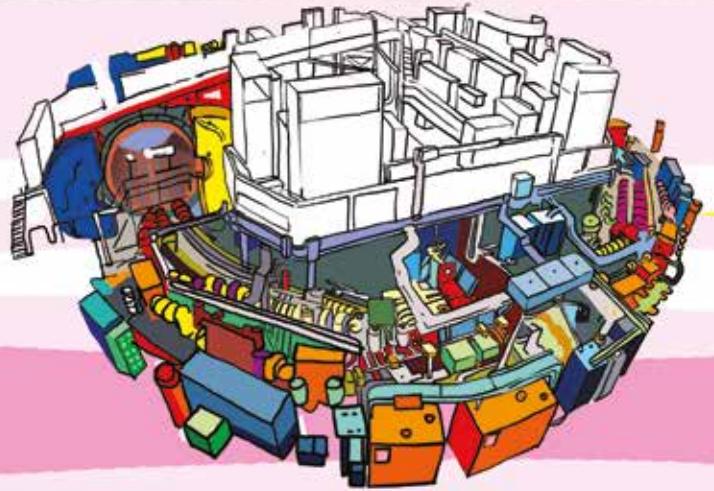
– Et est-ce qu'on peut mesurer la taille que l'Univers avait au début, quand il était plus pe-

tit que la plus petite chose que l'on peut imaginer ? ... Plus petit que 10^{-19} mètre ?

– Les physiciens du monde entier essaient de le faire. Et c'est pour y parvenir qu'ils ont inventé les accélérateurs de particules ... Parce qu'ils ont compris que l'Univers avait été à un moment extrêmement petit avant d'être très grand comme aujourd'hui.



PARTICLE



UNIVERS



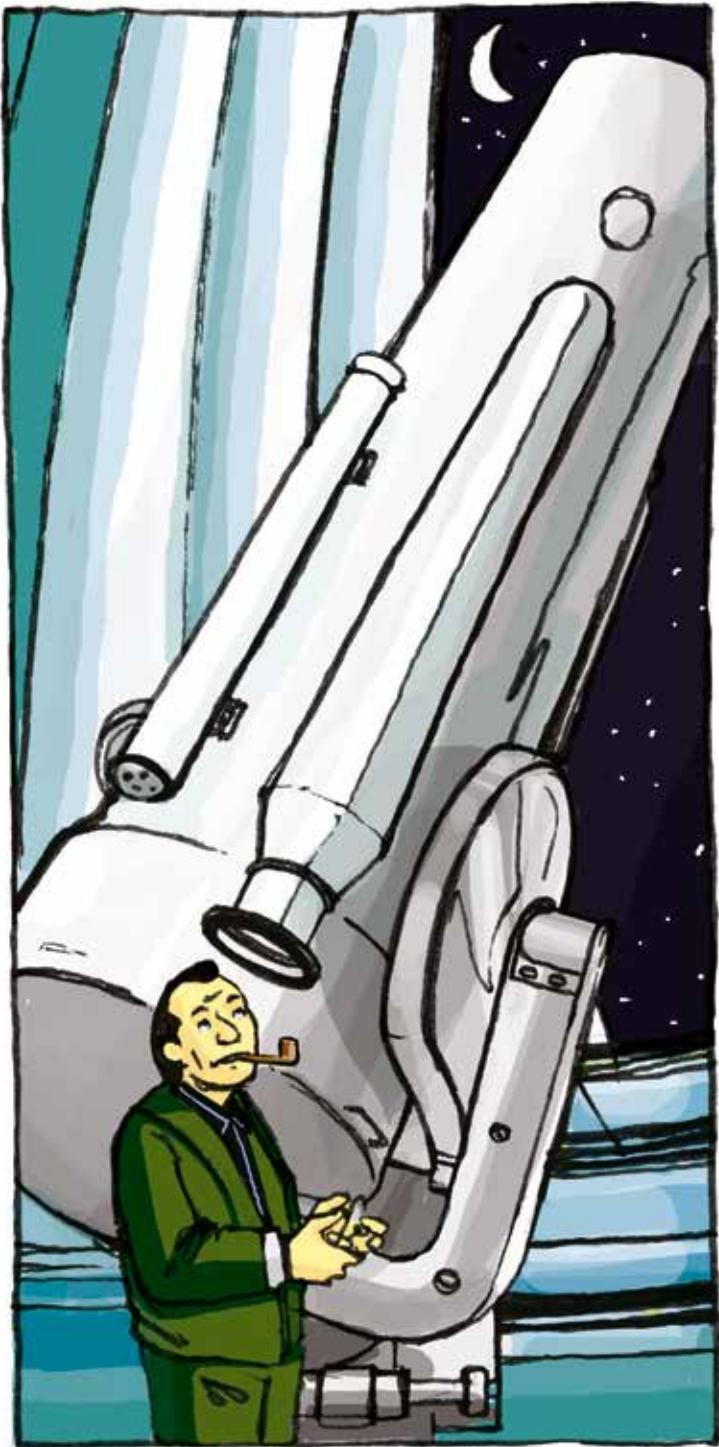
Bon, nous avons vu que l'Univers a beaucoup changé. L'un des premiers à avoir eu cette idée est l'Américain Edwin Hubble. Quand il était jeune, il ne savait pas s'il voulait devenir avocat ou astronome ; heureusement, il a finalement choisi l'astronomie. Entre 1920 et 1930, il a passé beaucoup de nuits à observer le ciel avec le télescope du mont Wilson. Ces nuits ont été très fructueuses puisqu'il a découvert beaucoup de choses. Tout d'abord que notre galaxie n'est pas la seule dans l'Univers : de nombreux points lumineux dans le ciel qui ressemblent à des étoiles à l'œil nu s'avèrent être des groupes de milliards d'étoiles lorsqu'on les regarde avec un télescope. Elles sont si éloignées qu'on dirait qu'il n'y a qu'une seule étoile à cet endroit.

En mesurant la lumière venant de différentes galaxies, Hubble s'est rendu compte que cette lumière était un petit peu différente de celle qui était prévue par les théories sur les étoiles. Quelques années plus tôt, la scientifique Henrietta Leavitt avait découvert une technique pour mesurer les distances des étoiles. Sa méthode utilisait une famille particulière d'étoiles que l'on appelle les « Céphéides ».

Or, Hubble avait trouvé des étoiles Céphéides dans les galaxies qu'il avait découvertes et il avait ainsi pu mesurer leurs distances. Plus les galaxies étaient éloignées et plus la lumière qu'elles émettaient avait des caractéristiques différentes des prévisions. La seule

explication de ce phénomène qui lui est venue à l'esprit était que toutes ces galaxies étaient en train de s'éloigner de nous ... En réalité, elles s'éloignent toutes les unes des autres !

Ce comportement n'est pas très facile à expliquer. Pour mieux le comprendre, tu peux faire une petite expérience avec un ballon de baudruche. Pour commencer, gonfle-le un peu puis dessine des petits points sur sa surface avec un feutre. Chaque point représente une galaxie. Si maintenant tu continues à gonfler le ballon, tu verras que chaque point s'éloigne de tous les autres. Pour l'Univers c'est un peu plus compliqué, mais l'idée est la même. Donc, si chaque galaxie s'éloigne des autres, alors elles ont dû être plus proches il y a longtemps, comme si elles venaient toutes d'un même point. L'idée que l'Univers est né d'un seul point a été baptisée « Big Bang » par le physicien Fred Hoyle. Au début, cela semblait bizarre mais depuis des scientifiques ont fait de nombreuses mesures et se sont convaincu que le Big Bang était la meilleure théorie pour expliquer l'Univers. La découverte de Hubble est si importante que son nom a été donné à un télescope très puissant, installé sur un satellite et avec lequel on a fait des études essentielles pour mieux comprendre le Big Bang.



– Mais si ce Big Bang a vraiment eu lieu, il a dû laisser des traces non ?

– Bien sûr. Après les mesures de Hubble, beaucoup de scientifiques, comme par exemple le Russe George Gamow et l'Américain Robert Dicke, ont pensé que si l'Univers était né d'un Big Bang, alors on devrait pouvoir en trouver des traces ...

– Quelles traces ?

– C'est un peu comme quand quelqu'un lance une pierre dans l'eau calme d'un lac et que les vagues créées par la pierre peuvent encore être observées bien plus tard et très loin de là où la pierre est tombée ... Les vagues sont devenues très petites, mais on peut quand même les voir.

– On peut voir des vagues dans le ciel ?

– Pas à l'œil nu : ce sont des ondes radio ... Pour les observer on a besoin d'instruments qui ressemblent à une antenne de réception pour la télévision satellite, mais en bien plus grand et bien plus sophistiqué. Le plus drôle, c'est que ce signal prédit par des scientifiques a été découvert par hasard.

– Par hasard ?

– En 1963 une compagnie de téléphone américaine a chargé deux de ses chercheurs, Arno Penzias et Robert Wilson, de comprendre pourquoi une de leurs antennes de réception géantes émettait un grésillement très pénible (« crzzz ... »), un peu comme une radio mal réglée. Les deux

scientifiques ont commencé par tout contrôler dans les moindres détails, mais vraiment tout. S'il y avait des émetteurs radio à proximité qui pouvaient gêner l'antenne. Si le bourdonnement dépendait de la météo. Etc. A la fin, ils ont même grimpé sur l'antenne pour nettoyer les nids et les cacas de pigeon.

– Les cacas de pigeon ?

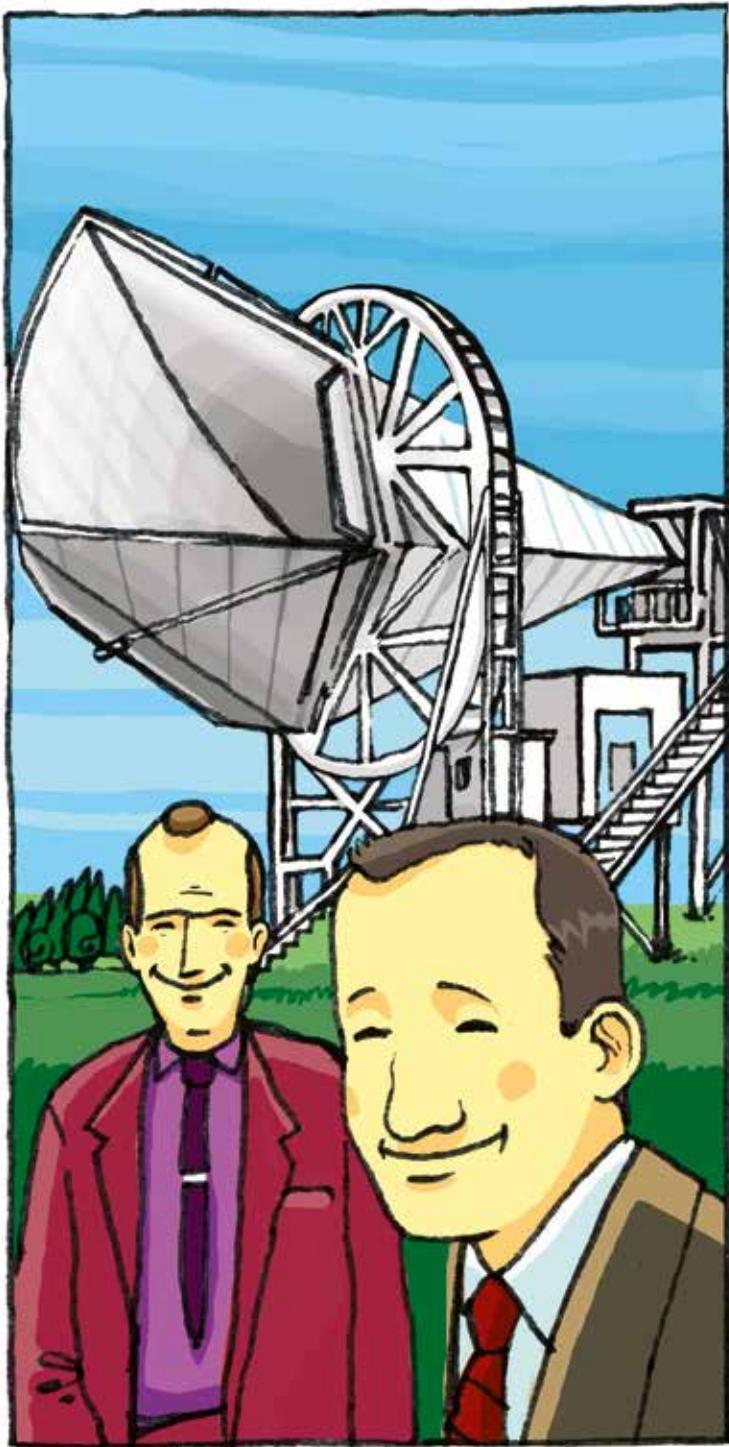
– Oui, mais ça n'a servi à rien : le bruit a continué. Ils ont essayé de pointer l'antenne dans toutes les directions sans que rien ne change. La seule explication possible était que ce bruit venait de très loin. Vraiment de très loin, d'au-delà de notre Galaxie. Alors ils ont contacté Dicke. Ensemble ils ont fait des calculs et ont compris qu'il s'agissait du signal émis lors du Big Bang selon Gamow et Dicke.

– Est-ce qu'ils ont aussi calculé quand le Big Bang avait eu lieu ?

– Plus ou moins ... Ils ont réussi à montrer que le bruit observé pouvait provenir du Big Bang si celui-ci avait un âge compris entre 10 et 20 milliards d'années. Depuis, des instruments plus précis ont été construits et la théorie actuellement la plus précise estime que l'Univers est né il y a environ 13,8 milliards d'années à partir de quelque chose de petit et chaud. Très petit et très chaud.

– Petit comment ? 10^{-7} mètre comme le virus du rhume ?

– Non, beaucoup, beaucoup plus petit !



A ses débuts l'Univers était donc vraiment minuscule. Et il était composé de particules vraiment minuscules elles aussi. L'expression « vraiment minuscule » signifie qu'on ne pourrait même pas les voir avec les microscopes les plus puissants. Et, de toute façon, la plupart des particules qui constituaient cet Univers nouveau ne n'existent plus aujourd'hui.

Pour comprendre un peu mieux comment l'Univers se comportait à l'époque où il était aussi petit, les scientifiques ont construit des accélérateurs de particules. Les accélérateurs de particules sont des machines plutôt compliquées. Ils ont été inventés il y a plus de 80 ans et, de nos jours, on en trouve de toutes les sortes. Certains ont des applications très utiles pour la société, comme par exemple soigner certains types de cancer ; d'autres, comme l'accélérateur LHC du CERN près de Genève, ou Dafne à Frascati en Italie, permettent d'étudier directement les particules vraiment minuscules (celles que l'on ne peut pas voir) et de recréer des particules qui étaient présentes au début de l'Univers.

Comme son nom l'indique, un « accélérateur de particules » sert à accélérer les particules – c'est-à-dire à leur donner une très grande vitesse – puis à les faire entrer en collision. Lors d'un choc entre deux particules, de nouvelles particules sont créées, différentes de celles qui se sont heurtées. Cette façon de les produire est difficile à expliquer avec des mots ; pour la com-

prendre, il faut beaucoup étudier et connaître beaucoup de mathématiques. Le phénomène qui se produit est un peu comme un voyage dans le temps, puisqu'il est possible de créer des particules qui existaient dans l'Univers il y a très longtemps mais que l'on ne trouve plus aujourd'hui. Et, selon la vitesse des particules dans l'accélérateur, on peut fabriquer différents types de particules. Par exemple, l'accélérateur Dafne réussit à produire certaines des particules qui étaient présentes quand l'Univers était seulement âgé de quatre milliardièmes de seconde (4×10^{-6} seconde), alors que sa taille était déjà de cent mille milliards de mètres (10^{14} mètres). Mais, pour atteindre le tout début de l'Univers, il faut encore remonter bien plus loin en arrière. Aujourd'hui, grâce à l'accélérateur LHC, les scientifiques peuvent étudier l'Univers quand il n'était âgé que d'un dixième de milliardième de seconde (10^{-10} seconde); mais ils ne sont pas encore arrivés au tout début de son histoire. Par contre, ce qui est sûr, c'est qu'en étudiant les particules produites dans les accélérateurs, on peut améliorer notre compréhension du Big Bang. En particulier parce qu'on ne pourra jamais recréer tout le Big Bang dans un laboratoire. C'est pourquoi on essaie de reproduire une étape particulière du Big Bang dans chaque accélérateur, afin d'étudier les particules présentes à ce moment-là.



– Ce que je ne comprends pas, c'est comment les scientifiques font pour étudier des particules qu'ils ne peuvent pas voir. Il leur faut des appareils spéciaux ?

– Exactement, ils ont inventé des « détecteurs de particules ». Leur nom dit tout : ils servent à détecter les particules et à voir où elles vont.

– Et ça marche vraiment ?

– Bien sûr ! C'est comme pour les lunettes ou les téléphones portables. Cela fait plus de 100 ans que les scientifiques inventent et perfectionnent des détecteurs de particules toujours plus sophistiqués. Les premiers étaient simples et assez petits pour tenir sur une table. Peu à peu, les chercheurs ont voulu étudier des choses toujours plus fines : ils ont alors construit des détecteurs plus grands et plus complexes.

– Grands comment ?

– Ça dépend. Par exemple, KLOE, le détecteur utilisé pour observer les particules produites par l'accélérateur Dafne, est une grosse boîte de conserve faite de métal et de câbles, haute de 6 mètres, longue de 6 mètres et pesant plus de 1 000 tonnes. C'est plus ou moins le poids de 100 camions. Mais, en Suisse, il y a un détecteur qui s'appelle ATLAS et qui observe les particules produites par l'accélérateur LHC : il fait 25 mètres de haut (un immeuble de 8 étages), 46 mètres de long et pèse plus de 7000 tonnes ...

– D'accord, mais comment marchent ces détecteurs ?

– C'est un peu comme pour les avions. Quand un avion vole très haut dans le ciel, est-ce que tu peux le voir ?

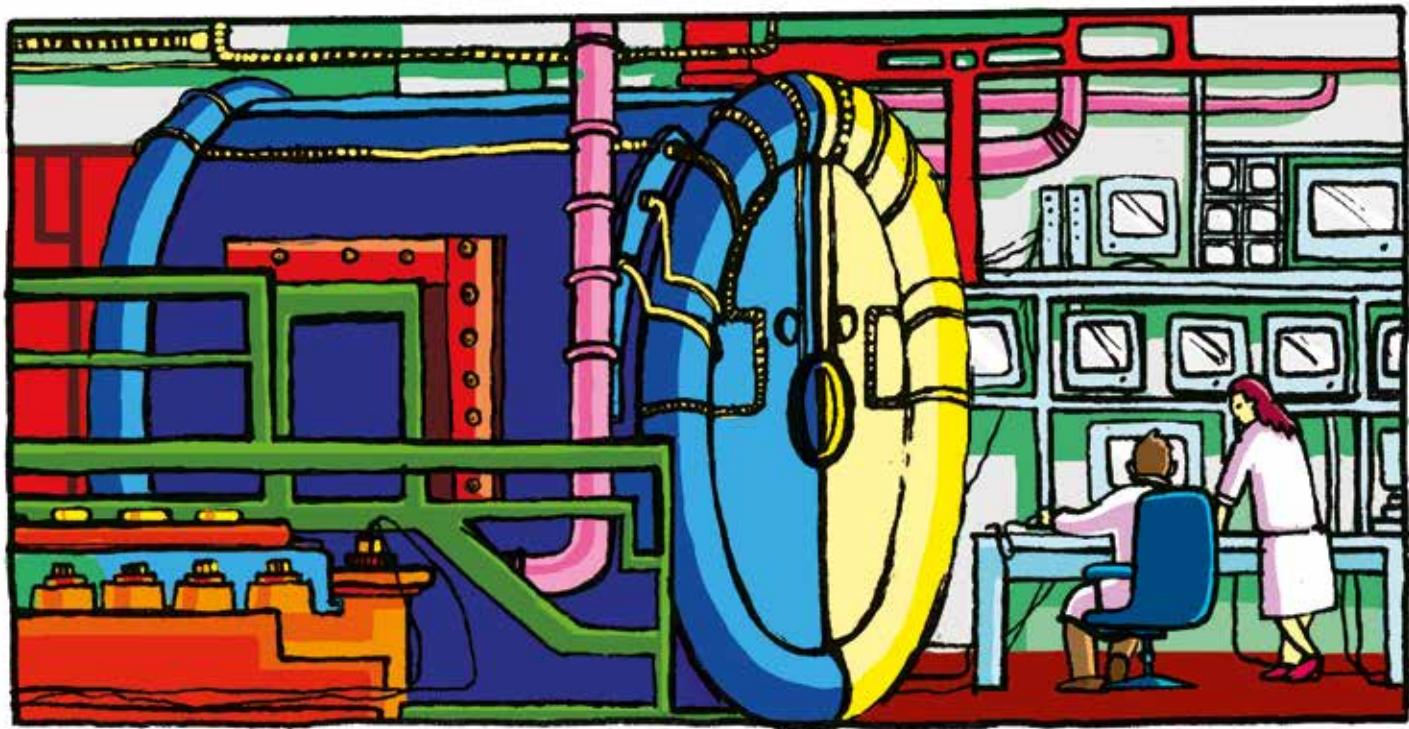
– Oui ... Euh en fait ça dépend ... En général on voit la traînée qu'il laisse dans le ciel ; parfois on entend seulement le bruit de ses moteurs.

– C'est pareil pour les détecteurs de particules. On ne voit pas une particule, on ne peut pas la voir mais, si on s'arrange pour qu'elle laisse une traînée, une trace, alors on verra où la particule est passée et quelle est sa nature. Dans les premiers détecteurs, ceux qui avaient la taille d'une grosse boîte, on pouvait voir les traces laissées par les particules à l'œil nu.

– Et dans les gros détecteurs comme KLOE ou ATLAS ?

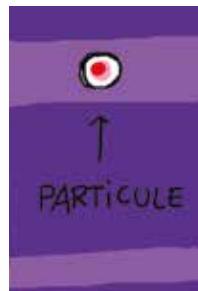
– KLOE et ATLAS sont des instruments plus compliqués : ils contiennent toute une série de détecteurs emboîtés – un peu comme des poupées russes. Lorsqu'une particule les traverse, elle laisse des traces dans les différentes couches de détecteur, ce qui permet de l'étudier bien plus précisément, sous toutes les coutures. Dans ces détecteurs géants et complexes, les traces sont transformées en signaux électriques que l'on peut analyser avec des ordinateurs.

– Alors, c'est comme ça que l'on a tout compris de l'Univers : comment il est né et de quoi il est fait ?



– Ben on n'a pas encore tout compris !
– Ah bon.
– Il y a beaucoup de questions auxquelles les scientifiques ne peuvent vraiment pas répondre.
– Lesquelles ?
– Par exemple ce qu'il y avait avant le Big Bang.
– Pourquoi ?
– Tu ne te rappelles pas ? La science part de l'observation et ensuite on fait des mesures. Et, ce qui a précédé le Big Bang, on ne peut ni l'observer ni faire des mesures dessus. Et donc, pas de science !
– Ah ... Et à partir du Big Bang, est-ce qu'on sait tout ?

– Non, non ... La science nous a permis de découvrir plein de choses sur le monde qui nous entoure, mais il y a encore beaucoup d'autres phénomènes à comprendre et à étudier ... Pas seulement sur la naissance de l'Univers, mais aussi sur le comportement des animaux, le fonctionnement des étoiles, les moyens de guérir le cancer et les autres maladies ...
– Alors il reste encore beaucoup à faire ?
– Oui.
– Et est-ce que moi aussi je pourrai être un scientifique ?
– Bien sûr ! Si tu es curieux et si tu as la volonté de faire de longues études, pourquoi pas ?



$$1\heartsuit + \sqrt{3}\text{☺} - 5\text{✱} = ?$$



Pour les curieux

Pour toi :

Le film « Puissances de dix », disponible par exemple sur le site internet du laboratoire CERN (<https://cds.cern.ch/record/1002701?ln=fr>), te fera voyager des nombres très petits aux très grands.

Richard Feynman raconte de nombreuses histoires amusantes (par exemple comment il forçait les coffres-forts de ses collègues) et importantes (il a travaillé sur le projet Manhattan pendant la seconde guerre mondiale) dans son livre « Vous voulez rire, monsieur Feynman ! ».

La traduction française semble épuisée mais on peut sans doute encore la trouver dans les bibliothèques, sur internet ou dans les brocantes. Pour avoir plus de renseignements sur la navette spatiale, tu peux lire la page Wikipédia associée (https://fr.wikipedia.org/wiki/Navette_spatiale), ou bien aller sur le site de la NASA, plus complet mais en anglais :

https://www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/main/index.html.

Pour tes professeurs, tes parents ou ... toi !

La revue de vulgarisation scientifique Élémentaire : <http://elementaire.lal.in2p3.fr>

Le projet pédagogique « Passeport pour les deux infinis » et le livre réversible associé : <http://www.passeport2i.fr>

Un web documentaire sur le CERN :

<http://experience-cern360.fr>

Le musée Sciences ACO : un monument historique (et scientifique !) qui se visite sur demande : <http://www.sciencesaco.fr>

Une affiche récente présentant les composants élémentaires de la matière :

<http://www.particuleselementaires.fr>

Remerciements

« Je suis juste un être humain curieux » disait Einstein. Pendant plus de dix ans, j'ai fait de la vulgarisation scientifique dans les écoles primaires et les collèges ; j'ai eu l'occasion de rencontrer beaucoup d'enfants et c'est vraiment leur curiosité qui m'a poussée à trouver du temps et de l'énergie pour concilier mon travail de recherche et l'écriture d'un livre pour les enfants. Je voudrais ici remercier ces enfants (et leurs enseignants) qui, par toutes leurs questions, souvent confuses, parfois difficiles ou juste vraiment « impossibles », et aussi leurs suggestions inattendues, m'ont indiqué une voie pour faire de la vulgarisation scientifique sans tricher et sans dire que tout est facile ou magique.

B. S.

Composants élémentaires de la matière

