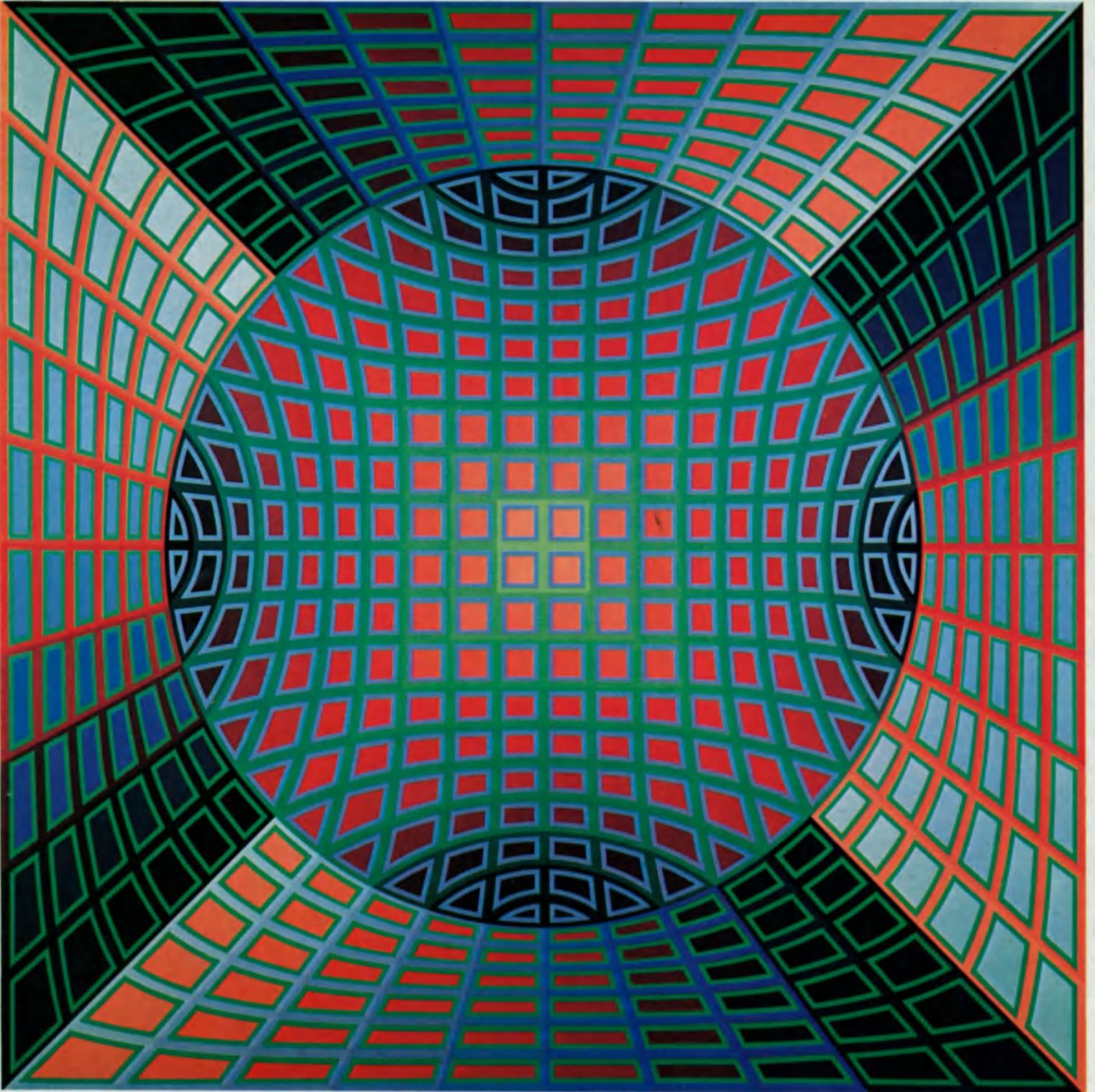


# Le Courrier de l'unesco

Une fenêtre ouverte sur le monde

Mai 1979 (32<sup>e</sup> année) 3,50 francs français



# Einstein



Photo René Roland © Ziolo, Paris

**TRÉSORS  
DE L'ART  
MONDIAL**

142

Inde

**Le sourire de l'enfance**

Cette tête d'enfant souriant, haute de 12 cm, vient de Bulandibagh en Inde et daterait de la période maurya (322-185 av. J-C) ou sunga (185-72 av. J-C). La terre cuite polie montre encore de légères traces de couleur. La coiffure à double pointe est couverte d'un grand morceau d'étoffe noué par derrière. Cette figurine est conservée au musée de Patna, capitale de l'état indien de Bihar.

## PUBLIÉ EN 20 LANGUES

Français	Italien	Turc
Anglais	Hindi	Ourdou
Espagnol	Tamoul	Catalan
Russe	Persan	Malaysien
Allemand	Hébreu	Coréen
Arabe	Néerlandais	Kiswahili
Japonais	Portugais	

Mensuel publié par l'UNESCO  
Organisation des Nations Unies  
pour l'Éducation,  
la Science et la Culture

Ventes et distributions :  
Unesco, place de Fontenoy, 75700 Paris  
Belgique : Jean de Lannoy,  
202, avenue du Roi, Bruxelles 6

ABONNEMENT — 1 an : 35 francs français ; deux  
ans : 58 francs français. Paiement par chèque  
bancaire, mandat postal, CCP Paris 12598-48,  
à l'ordre de : Librairie de l'Unesco, Place de  
Fontenoy - 75700 Paris.

Reliure pour une année : 24 francs.

Les articles et photos non copyright peuvent être reproduits à  
condition d'être accompagnés du nom de l'auteur et de la  
mention « Reproduits du Courrier de l'Unesco », en préci-  
sant la date du numéro. Trois justificatifs devront être envoyés  
à la direction du Courrier. Les photos non copyright seront  
fournies aux publications qui en feront la demande. Les  
manuscrits non sollicités par la Rédaction ne sont renvoyés  
que s'ils sont accompagnés d'un coupon-réponse internatio-  
nal. Les articles paraissant dans le Courrier de l'Unesco  
expriment l'opinion de leurs auteurs et non pas nécessaire-  
ment celle de l'Unesco ou de la Rédaction. Les titres des arti-  
cles et les légendes des photos sont de la rédaction.

### Bureau de la Rédaction :

Unesco, place de Fontenoy, 75700 Paris, France

### Rédacteur en chef :

Jean Gaudin

### Rédacteur en chef adjoint :

Olga Rödel

### Secrétaire de rédaction : Gillian Whitcomb

### Rédacteurs :

Edition française :

Edition anglaise : Howard Brabyn (Paris)

Edition espagnole : Francisco Fernandez-Santos (Paris)

Edition russe : Victor Goliachkov (Paris)

Edition allemande : Werner Merkli (Berne)

Edition arabe : Abdel Moneim El Sawi (Le Caire)

Edition japonaise : Kazuo Akao (Tokyo)

Edition italienne : Maria Remiddi (Rome)

Edition hindie : H.L. Sharma (Delhi)

Edition tamoule : M. Mohammed Mustafa (Madras)

Edition hébraïque : Alexander Broïdo (Tel-Aviv)

Edition persane : Fereydoun Ardalan (Téhéran)

Edition néerlandaise : Paul Morren (Anvers)

Edition portugaise : Benedicto Silva (Rio de Janeiro)

Edition turque : Mefra Arkin (Istanbul)

Edition ourdoue : Hakim Mohammed Saïd (Karachi)

Edition catalane : Cristian Rahola (Barcelone)

Edition malaisienne : Azizah Hamzah (Kuala Lumpur)

Edition coréenne : Lim Moon-Young (Séoul)

Edition Kiswahili : Peter Mwombela (Dar-es-Salaam)

### Rédacteurs adjoints :

Edition française : Djamel Benstaali

Edition anglaise : Roy Malkin

Edition espagnole : Jorge Enrique Adoum

Documentation : Christiane Boucher

Illustration : Ariane Bailey

Maquettes : Robert Jacquemin

Toute la correspondance concernant la Rédaction doit  
être adressée au Rédacteur en Chef.

pages

## 4 HISTOIRE D'UN GÉNIE

par Jürgen Ehlers

## 9 QUELQUES PAS DANS LA RELATIVITÉ

par Isaac Asimov

## 10 LE MONDE À L'ENVERS

## 17 UNE THÉORIE HARMONIEUSE QUE LA NATURE AURAIT PU CHOISIR

par Paul Dirac

## 18 AU RENDEZ-VOUS DE LA LUMIÈRE COURBE

Photos

## 24 SCIENCE ET SUBJECTIVITÉ : LE CAS EINSTEIN

par Pierre Thuillier

## 26 DEUX MILLE ANS D'EXPLICATION DU MONDE

## 29 LES FRONTIÈRES DE LA SCIENCE

par Arkadii B. Migdal

## 31 LA RESPONSABILITÉ MORALE DU SAVANT

par Albert Einstein

## 2 TRÉSORS DE L'ART MONDIAL

INDE : Le sourire de l'enfance

## I à IV ACTUALITÉ UNESCO

ISSN 0304-3118  
N° 5 - 1979 OPI - 79 - I - 354 F

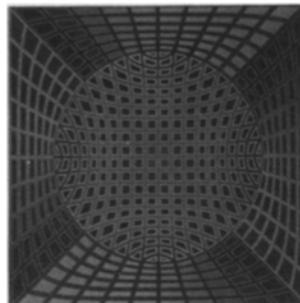


Photo © Anne Desailly, Paris

## Notre couverture

Hommage de l'art à la science, ce tableau de  
Victor Vasarely, *Einstein* (1976), où viennent  
s'incurver les lignes de l'espace-temps, brille  
comme un emblème du génie du grand  
physicien, né il y a cent ans. Les travaux  
d'Albert Einstein, et en particulier sa théorie  
de la relativité, énoncée à partir de 1905, ont  
ouvert une ère nouvelle et prodigieusement  
fertile dans l'histoire de la connaissance  
scientifique moderne. Par son humanisme et  
par sa personnalité, l'homme aussi a  
profondément marqué son époque.

# Histoire d'un génie

par Jürgen Ehlers

**N**OVALIS, poète allemand de l'époque romantique épris de connaissance scientifique, dit "qu'il en va des théories comme de la pêche : seul celui qui lance risque d'attraper quelque chose". En filant la métaphore, on pourrait dire que de tous les pêcheurs du vingtième siècle, aucun n'est rentré moins bredouille qu'Albert Einstein.

Dans l'histoire des sciences, l'an 1905 n'a pas d'égal, sinon peut-être 1666, année mémorable où Isaac Newton conçut la plupart des idées qui devaient régir la science pendant plus de deux siècles.

En 1905, en effet, dans un seul et même volume des "Annalen der Physik", Albert Einstein publiait trois articles dont chacun, outre d'importants résultats spécifiques, ouvrait à la recherche fondamentale un domaine immense et inexploré.

Qui donc était cet Albert Einstein, expert technique de troisième classe à l'Office des brevets de Berne, qui, à 26 ans, avait inventé de nouvelles méthodes en mécanique statistique, découvert les quanta de lumière, donné une preuve à l'existence des atomes et résolu ce problème : élaborer une électrodynamique correcte des corps en mouvement par le biais d'une nouvelle théorie de l'espace et du temps, alors que des savants aussi éminents que le Hollandais Lorentz et le Français Poincaré n'étaient pas venus à bout de ce problème.

Albert Einstein est né à Ulm, le 14 mars 1879, la même année que Max von Laue et Otto Hahn, et celle où mourut James Clerk Maxwell, fondateur de la théorie moderne des champs électromagnétiques. Les parents d'Einstein étaient juifs, mais n'étaient plus pratiquants. En 1880, la famille s'installa à Munich où Herman Einstein, le père d'Albert, prit avec son frère la direction d'une petite usine d'électrochimie. Cette année-là, naquit la sœur d'Albert, Maja, seule autre enfant de la famille.

On a dépeint le jeune Albert comme un garçon taciturne, pensif, rêveur. Il s'était mis à parler assez tard ; il n'aimait pas les activités physiques et ne jouait guère avec les autres enfants.

Une expérience qu'il fit vers 4 ou 5 ans est restée pour lui comme un miracle : son

père lui avait montré un compas magnétique, et il lui semblait que le compas était irrésistiblement entraîné par un pouvoir invisible et mystérieux : il allait toujours dans la même direction, quelle que soit l'orientation de son support.

Bien des années après, cette forte impression était restée en lui aussi vive qu'au premier jour. Cela veut-il dire que toute sa vie Einstein a été mu par le désir de trouver quelque élément fiable ? Et qu'il n'en a pas trouvé — ni aux jours de sa jeunesse, ni à ceux de l'âge mûr — dans le monde sorti des mains de l'homme, mais seulement dans la structure de l'Univers, impersonnelle et immuable ?

Albert Einstein fréquenta d'abord une école élémentaire catholique, et à dix ans il entra au Luitpold Gymnasium. Il n'en aima pas la stricte discipline, l'esprit autoritaire, le manque de liberté. On lui fit apprendre le latin et le grec, ce qui venait contrarier son goût pour les mathématiques et la science, développé au contact de son oncle ingénieur. Malheureux et déprimé, il ne s'adapta pas. Ses professeurs l'accusaient d'être un élément perturbateur pour les autres élèves. Albert suivit bientôt ses parents lorsque, en 1894, ceux-ci allèrent s'établir à Milan à la suite de mauvaises affaires. Il n'avait obtenu aucun diplôme. Après un an passé dans une école d'Aarau, en Suisse, où il se trouva bien plus à son aise, il fut admis comme étudiant en mathématiques et physique au célèbre Institut Polytechnique de Zurich. Parmi ses camarades se trouvaient Mileva Maric, étudiante serbe qui devait devenir sa première femme en 1902 et la mère de ses deux enfants, et Marcel Grossmann qui allait être son collaborateur en mathématiques dix-huit ans plus tard. Parmi ses professeurs, il faut citer le grand mathématicien Hermann Minkowski qui créa en 1907 le concept d'espace-temps, apportant ainsi une contribution essentielle au développement de la théorie de la relativité.

Ayant obtenu son diplôme en 1900, Einstein ne réussit pas à obtenir de situation à l'Institut Polytechnique, ni même à devenir maître d'école. En 1902, son ami Grossmann l'aidera pourtant à trouver un emploi à l'Office des brevets de Berne. Là, il prépara lui-même son doctorat, qu'il presenta en

---

**JÜRGEN EHLERS**, physicien allemand, est membre de l'Institut de physique et d'astrophysique Max Planck de Munich (République fédérale d'Allemagne). Cet article est une version abrégée d'une conférence qu'il a donnée à l'Université de Munich en septembre 1978, à l'occasion d'un colloque, organisé à Munich et à Ulm sous les auspices de l'Unesco, sur l'influence des idées scientifiques modernes sur la société.

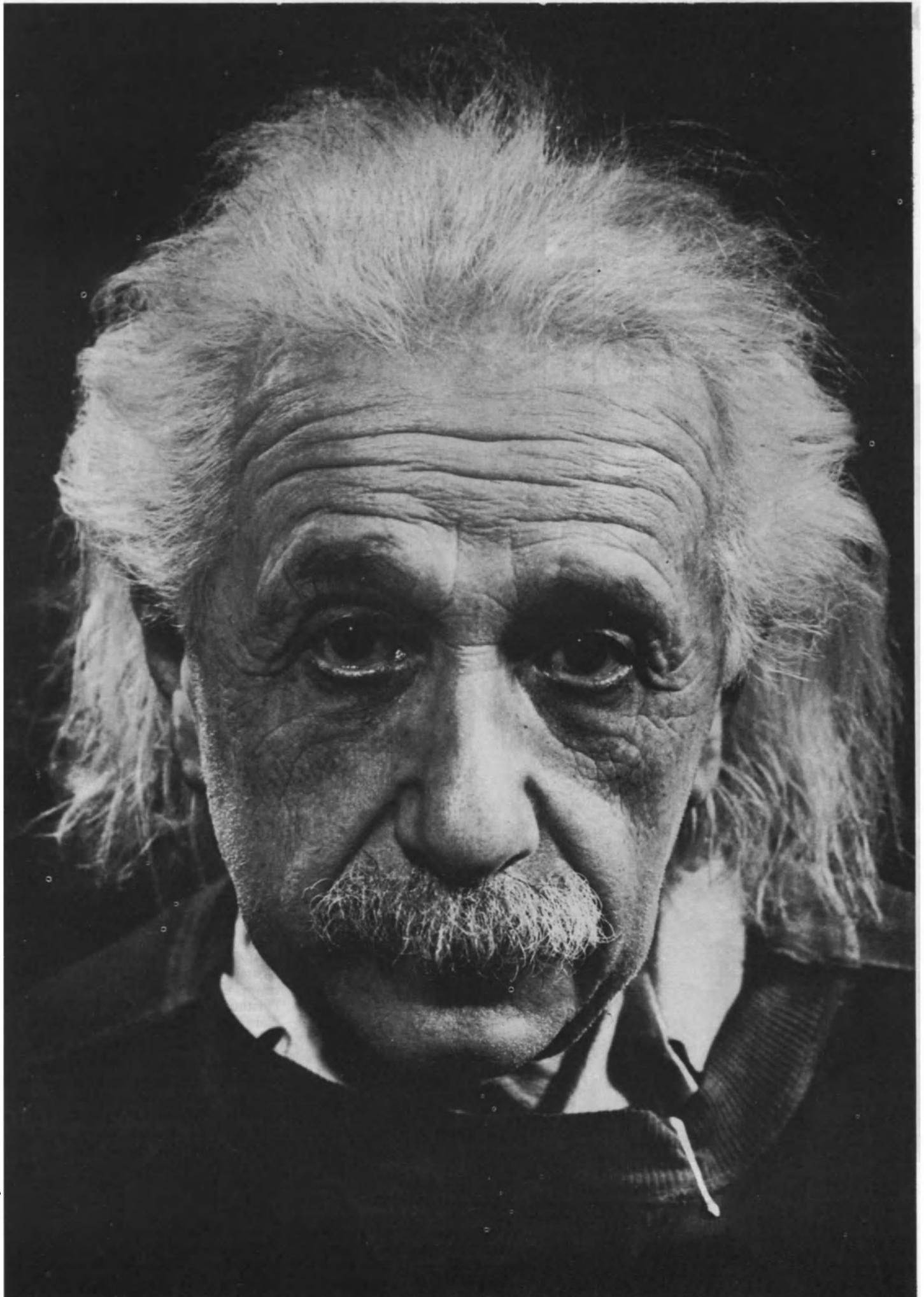


Photo Halsmann © Magnum, Paris

▶ 1905. Il trouva encore assez de temps pour continuer ses recherches de physique théorique et pour élaborer les idées qui sont exposées dans les fameux articles dont nous parlions tout à l'heure.

Einstein conserva sa situation à Berne jusqu'en 1909. A cette époque il obtint en effet son premier poste universitaire à plein temps et devint professeur-associé à l'Université de Zurich. Ses mérites étaient d'ores et déjà largement reconnus. Il avait étendu ses recherches sur le mouvement brownien (mouvement des molécules et des atomes), les quanta de lumière et la relativité. Il avait élaboré la première théorie quantique de la chaleur spécifique des solides. Et, dès 1907, il s'était formé l'opinion qu'une théorie de la gravitation, pour être satisfaisante et avoir un fondement naturel, devait incorporer l'égalité des masses inertielles et gravitationnelles et le fait constaté que tous les corps tombent avec la même accélération (ainsi que l'avait déjà montré Galilée) : gravité et inertie, avait décidé Einstein, sont exactement "la même chose". Une théorie satisfaisante de la gravitation conduisait donc nécessairement à généraliser la structure spatio-temporelle de sa théorie de la relativité : si l'on tient compte de la gravité, le concept d'une structure de référence finie et inertielle au sens strict, n'est plus satisfaisant.

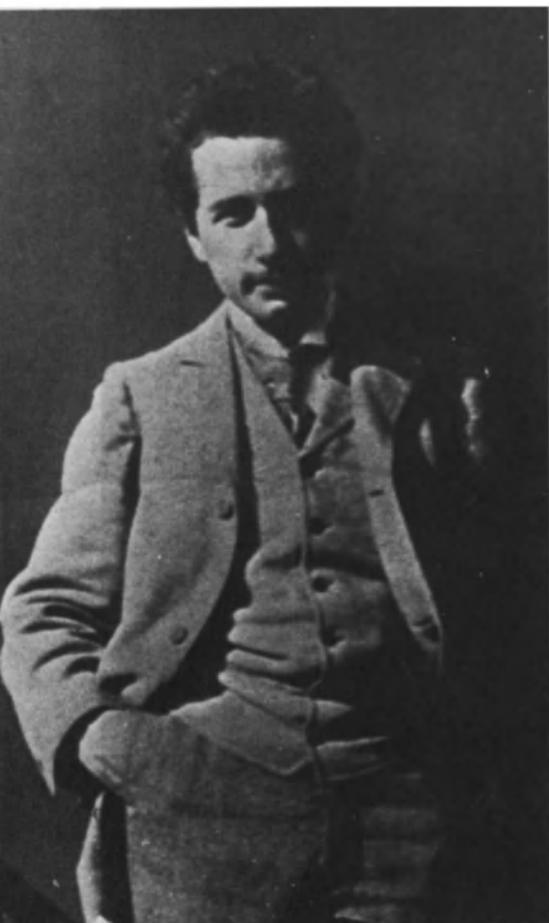


Photo © Parimage, Paris

Une des rares photos d'Einstein jeune, prise en 1900, alors qu'il était élève à l'Institut fédéral de technologie à Zurich. Cinq ans plus tard paraissait son article retentissant sur la théorie de la relativité restreinte.



Photo © Ullstein, Rep. Fed. d'All.

Albert Einstein à l'âge de quatre ans. Il ne fut pas un enfant précoce et ne s'était mis à parler qu'à trois ans. Sa mère devait écrire un jour à une amie : "Je ne sais vraiment pas ce que nous ferons de lui ; Albert n'apprend presque rien".

En 1910, Einstein accepta une chaire de professeur à l'université germanique de Prague. Il cherchait donc à généraliser ce qu'il appelait désormais la "théorie de la relativité restreinte", pour y inclure la gravitation. Telle fut sa préoccupation essentielle de 1907 à 1916. La majorité des physiciens acceptaient bien désormais la relativité restreinte comme un ouvrage solide de la Physique, mais Einstein, lui, cherchait à en définir les limites de validité et travaillait à une représentation mathématique plus globale et plus précise des processus physiques. A Prague, en 1911, il en vint à pouvoir dire que la lumière doit être déviée par les champs de gravitation. L'envoi d'une expédition pour les observations de contrôle, pendant une éclipse de soleil, ne pouvait pas être envisagé avant 1914. La Première guerre mondiale survint et bouleversa ce projet ; les premières mesures durent attendre 1919.

Après dix-huit mois passés à Prague, Einstein retrouva Zurich à la fin de 1912 et revint, en professeur titulaire cette fois, à l'Institut Polytechnique où il avait été étudiant une douzaine d'années auparavant.

A Zurich, Einstein publia en collaboration avec son ami Marcel Grossmann, devenu entre temps professeur de mathématiques, la version préliminaire d'une nouvelle théorie de la gravitation.

A la fin de 1913, à l'initiative de Max Planck et de Walter Nernst, on fit à Einstein une proposition très avantageuse : devenir membre de l'Académie royale des sciences de Prusse, et directeur du futur institut de physique Kaiser Wilhelm. Il aurait pour fonction d'organiser la recherche. On ne l'obligerait pas à enseigner, mais il pourrait le faire s'il le désirait. Einstein avait toujours considéré le travail d'enseignement comme une corvée. Il se sentait attiré par l'atmosphère

phère libre et scientifique de Berlin. Il accepta donc l'offre. Peu après son arrivée à Berlin il se sépara de sa femme Mileva. Einstein avait alors 34 ans et, au ciel du monde scientifique, il brillait comme une étoile de première grandeur.

Mais à Berlin, malgré les nombreux contacts qu'il avait avec ses collègues — notamment Max Planck, Max von Laue, Walter Nernst et plus tard Erwin Schrödinger — Einstein se trouva quelque peu isolé ; il se sentait étranger. Il ne donnait pas de cours, mais participait activement aux discussions qui suivaient les colloques. Pendant la première guerre mondiale, ce pacifiste opposé au nationalisme se sentit encore plus seul. Dès lors, il se consacra totalement à la théorie de la gravitation. Au prix d'efforts acharnés, il parvint, à la fin de 1915, à formuler une théorie cohérente qui reste aujourd'hui considérée comme la plus admirable de toute la physique classique. A ce jour, elle a franchi "en beauté" toutes les épreuves expérimentales qu'on lui a fait subir.

En 1917, dans un article qui demeure aujourd'hui encore sa contribution la plus importante à la théorie des quanta, Einstein proposa une description statistique des interactions entre atomes et photons. Il donnait ainsi une nouvelle démonstration de la loi de Planck.

Toujours en 1917, Einstein élabora le premier modèle mathématique cohérent de l'Univers en fonction d'une matière en gravitation et répartie de façon homogène : il fonda ainsi la cosmologie moderne, science des grandes structures de l'Univers.

Il faut signaler en passant la campagne anti-Einstein montée en 1920 par Weyland, Gehrke et consorts, et liée à l'antisémitisme allemand, ainsi que la "Physique allemande" de Lenard Stark et les autres.

De 1921 à 1923, Einstein voyage. Il s'en va aux Etats-Unis, parcourt l'Europe et l'Asie. Convaincu par Weizmann, il s'engage dans le mouvement sioniste. En 1921, il reçoit le prix Nobel — non point pour sa théorie de la relativité mais "pour la loi de la photo-électricité et ses travaux en physique théorique".

Hitler arrive au pouvoir en 1933, Einstein se trouve alors en voyage aux Etats-Unis. Il ne devait jamais revenir en Allemagne.

Au cours d'un bref séjour en Belgique, il démissionnera des Académies des Sciences de Prusse et de Bavière pour protester contre la passivité de ces académies face à la suppression des libertés universitaires en Allemagne et au renvoi de nombreux scientifiques et intellectuels pour raisons "idéologiques". Puis il accepte un poste à l'Institut de recherches avancées de Princeton, qui vient d'être fondé aux Etats-Unis.

Il poursuit ses recherches, en se consacrant désormais à l'élaboration d'une théorie du "champ unifié". Il espérait ainsi rendre mieux compte, et de façon plus approfondie, à la fois de la gravitation et de l'électromagnétisme. Une telle théorie, pensait-il, décrirait en outre les particules comme des régions de haute concentration stable du champ.

Einstein n'y parvint pas. Mais son projet d'utiliser la géométrie pour élaborer une telle théorie unifiée a reçu ces dernières années, sous une autre forme il est vrai, un nouvel et puissant élan. Ce projet a même remporté un succès considérable sous la forme des "théories unifiées de jagues" qui font appel à d'autres géométries.

A part cet objectif majeur, Einstein reprenait par moments sa théorie gravitationnelle de 1915, et l'enrichissait de résultats nouveaux. En 1932, il élabora avec Willem de Sitter un modèle d'Univers en expansion qui demeure l'un des candidats à l'explication des grandes structures de notre monde. Une collaboration avec Nathan Rosen en 1937 permit de résoudre les équations du champ qui décrivent les ondes gravitationnelles. Et un article célèbre, publié en 1938 et écrit avec Banesh Hoffmann et Léopold Infeld, avait pour sujet les équations

de mouvement des particules obtenues en partant des équations du champ gravitationnel. Le thème de cet article reste d'actualité. C'est ainsi que des recherches lui sont consacrées, par mes collaborateurs et moi-même, à l'Institut Max Planck de physique et d'astrophysique.

Einstein prit sa retraite en 1945. Il continua à travailler jusqu'à sa mort qui survint le 18 avril 1955. Il avait 76 ans.

La façon dont il abordait les problèmes fondamentaux de la physique mérite d'être soulignée : il s'interrogeait sur l'adéquation même des relations et des concepts généralement tenus pour évidents. En ce sens, on peut dire qu'il était un philosophe.

Pour lui, les concepts sont de libres inventions, et les axiomes d'une théorie, ses lois fondamentales, des créations de l'esprit. Ils ne peuvent être ni déduits, ni



Photo © Ullstein, Rep. Fed. d'Allem.

Einstein en compagnie de sa deuxième femme Elsa, au moment de leur retour après un voyage en Californie. Entre les années 1920 et 1930, Einstein voyagea énormément. Il se rendit aux Etats-Unis, en Chine, au Japon et en Europe occidentale pour expliquer ses théories.

▶ induits de l'expérience ou de l'observation. Par ailleurs, une théorie doit pouvoir donner naissance à des propositions qui seront vérifiées par l'expérience et en cela réside sa valeur. Ainsi la science exige-t-elle en même temps de l'homme : la libre invention, c'est-à-dire la libre création de l'esprit, la déduction logico-mathématique, et enfin l'observation, c'est-à-dire l'expérimentation.

Einstein, tout comme Dirac, l'avait remarqué : la création des hypothèses n'est pas seulement guidée par l'expérience concrète et la connaissance des théories antérieures. Elle vient aussi d'un certain sentiment de la simplicité structurelle et de

la beauté mathématique. Il est évidemment sans intérêt de chercher à classer Einstein parmi les positivistes, les rationalistes, les empiristes, ou dans toute autre catégorie en "iste"... Mais s'il fallait absolument lui trouver une étiquette, je proposerais celle-ci : "artiste logico-empirique"... On constate, en effet, que si Einstein a influencé profondément les sciences de la nature, c'est moins par ses prises de position philosophiques en elles-mêmes que par la manière dont il pratiquait la science : il a construit des théories nouvelles et contribué au développement du savoir, et il l'a fait souvent d'une manière surprenante.

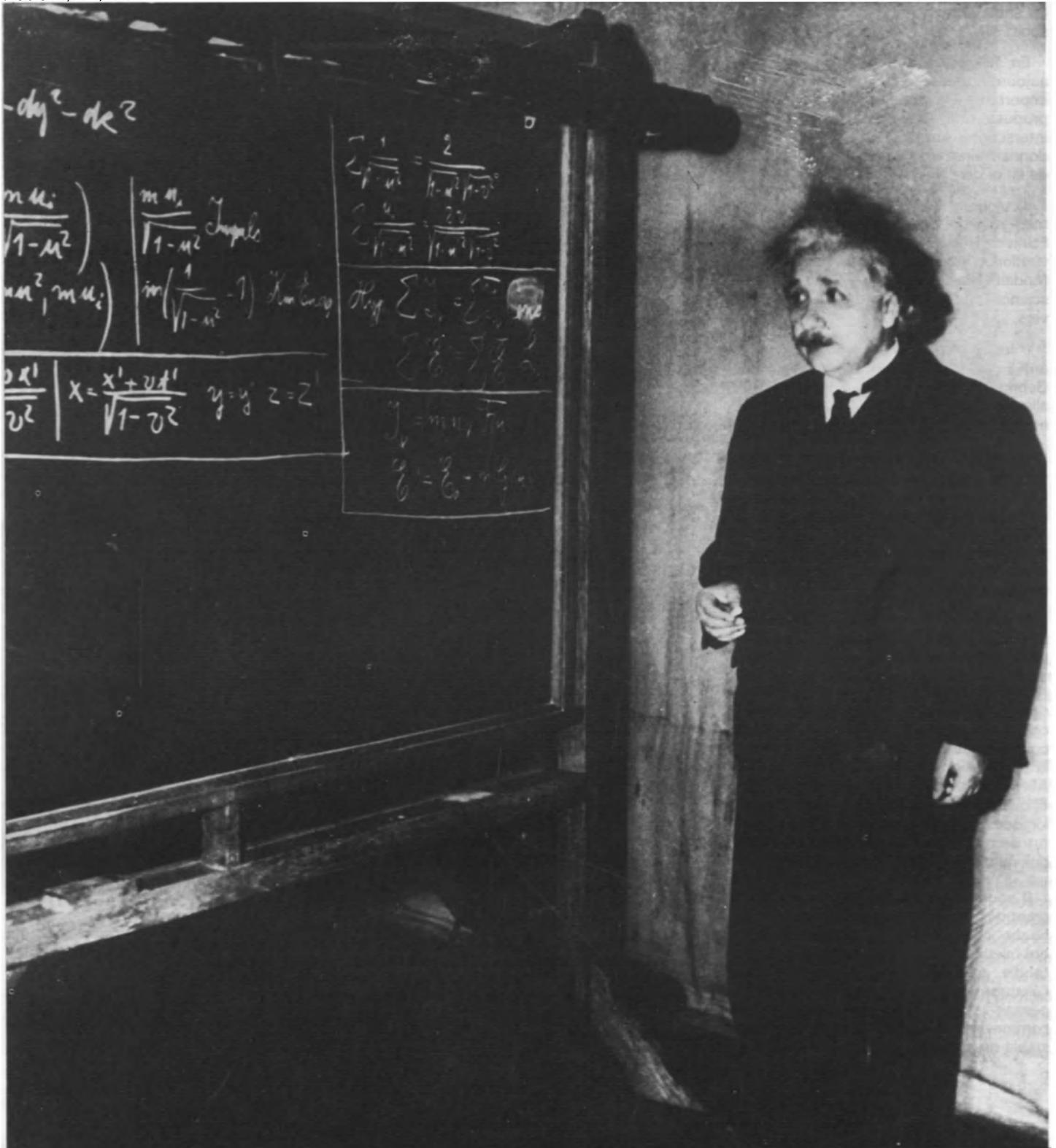
Einstein se regardait lui-même comme un

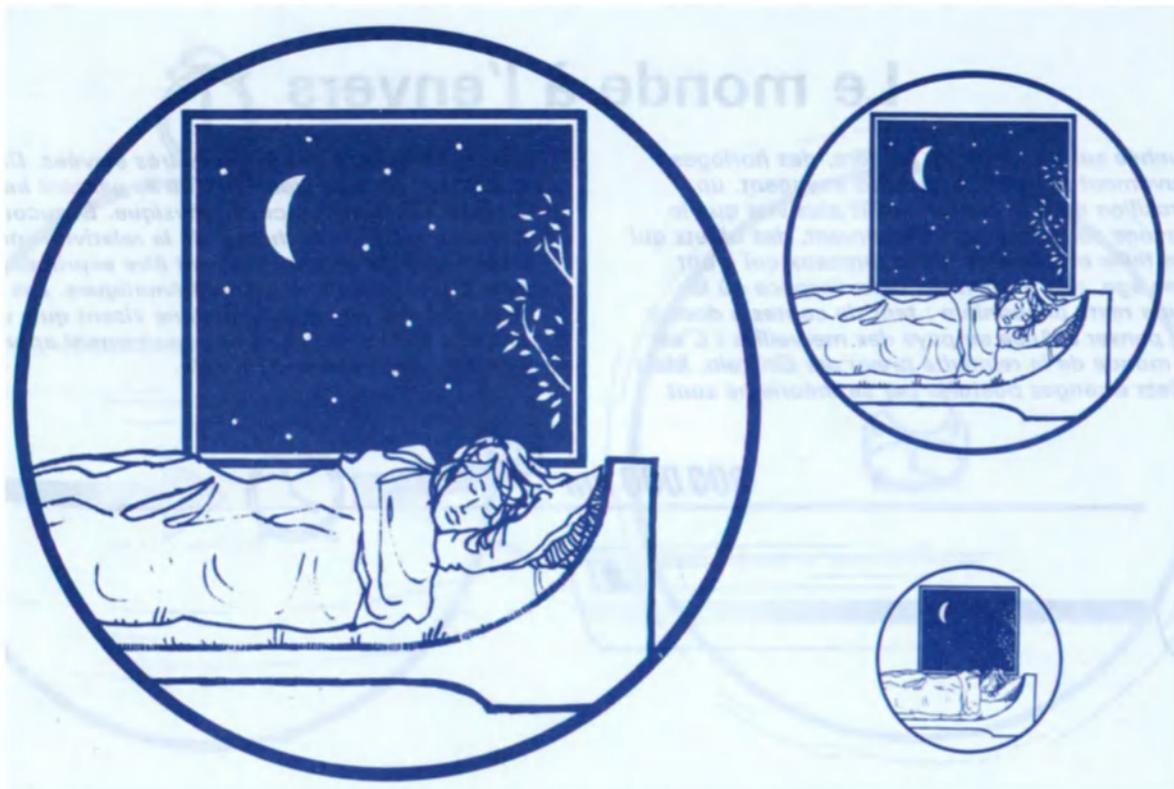
physicien, non comme un philosophe. Il se montrait fier de la relativité générale, théorie en laquelle il voyait sa plus grande réussite intellectuelle. Hermann Weyl écrit à ce sujet : "Par sa théorie de la relativité, Einstein a fait progresser nos idées sur la structure de l'Univers. On dirait qu'un mur s'est effondré qui nous séparait de la Vérité. De plus vastes domaines et des perspectives d'une autre profondeur s'ouvrent désormais au regard avide de connaître, et nous n'avions pas même le pressentiment de ces régions nouvelles. Nous voici donc plus près de l'heure où l'on pourra découvrir sa nécessité à tout phénomène physique."

Jürgen Ehlers

Devant un tableau noir au cours d'une conférence à l'American Association for the Advancement of Science. En 1933 Einstein accepta un poste à l'Institute for Advanced Study de Princeton, qu'il occupa jusqu'à sa mort en 1955.

Photo © Keystone, Paris





**Qu'est-ce que la relativité ?** Le grand mathématicien français Henri Poincaré proposa un jour une illustration de ce concept. Supposez, disait-il, qu'au cours de la nuit, pendant que vous dormez, tout dans l'univers devienne mille fois plus grand. Et par *tout*, Poincaré entendait absolument tout : les étoiles, le soleil, la terre, votre maison, votre lit, vous-même, les longueurs d'onde de la lumière, les atomes, les électrons. Seriez-vous à même de dire en vous réveillant que quelque chose a changé ? Non, dit

Poincaré, aucune expérience ne pourrait le prouver. En fait l'univers serait exactement le même. Et dire qu'il est devenu plus grand n'aurait pas de sens. Car lorsque l'on dit "plus grand" on sous-entend "plus grand qu'autre chose", et dans le cas de l'univers, il n'y a justement pas "d'autre chose". La taille est un concept relatif.

Dessins studio Philippe Gentil © *Courrier de l'Unesco*

# Quelques pas dans la relativité

par Isaac Asimov

**L**ES lois du mouvement établies dans le détail pour la première fois par Isaac Newton au cours des années 1680, prévoient que des mouvements différents s'additionnent les uns aux autres selon les lois de l'arithmétique simple. Supposons qu'un train s'éloigne de vous à une vitesse de 20 kilomètres/heure, et qu'une personne à bord de ce train lance une balle à une vitesse de 20 kilomètres/heure dans

le sens de la marche du train. Pour cette personne qui se déplace avec le train, la balle s'éloigne à une vitesse de 20 kilomètres/heure. Mais, pour ce qui vous concerne, les mouvements du train et de la balle s'additionnent, et la balle se déplace en s'éloignant de vous à la vitesse de 40 kilomètres/heure.

Vous pouvez constater immédiatement qu'il n'est pas possible de parler de la vitesse de la balle en tant que telle. Ce qui compte, c'est sa vitesse *relative* pour un observateur déterminé. Toute théorie du mouvement qui tente d'expliquer de quelle façon les vitesses et les phénomènes qui s'y rattachent semblent varier d'un observateur à un autre sera une "théorie de la relativité".

La théorie de la relativité propre à Einstein résulte du fait que ce qui est valable pour la balle qu'on lance à bord d'un train ne l'est plus dans le cas de la lumière. Une

source lumineuse mobile peut projeter un rayon de lumière dans la direction de son déplacement, ou à l'opposé de cette direction. Dans le premier cas, selon les lois de Newton, la lumière devrait se déplacer à sa vitesse propre *additionnée* de la vitesse de la source lumineuse. Dans le second cas, elle devrait se déplacer à sa vitesse propre *diminuée* de la vitesse de la source lumineuse. C'est de cette façon que se comporte la balle jetée à bord du train.

Mais la lumière ne se comporte pas ainsi. Elle semble toujours se déplacer à sa vitesse propre, et indépendamment de la vitesse de la source. Einstein a tenté d'ordonner les lois de l'univers pour tenir compte de ce phénomène.

Einstein a montré que, pour pouvoir tenir compte de la constance de la vitesse de la lumière, il fallait admettre un grand nombre de phénomènes surprenants. Il a montré que les objets doivent rapetisser dans le

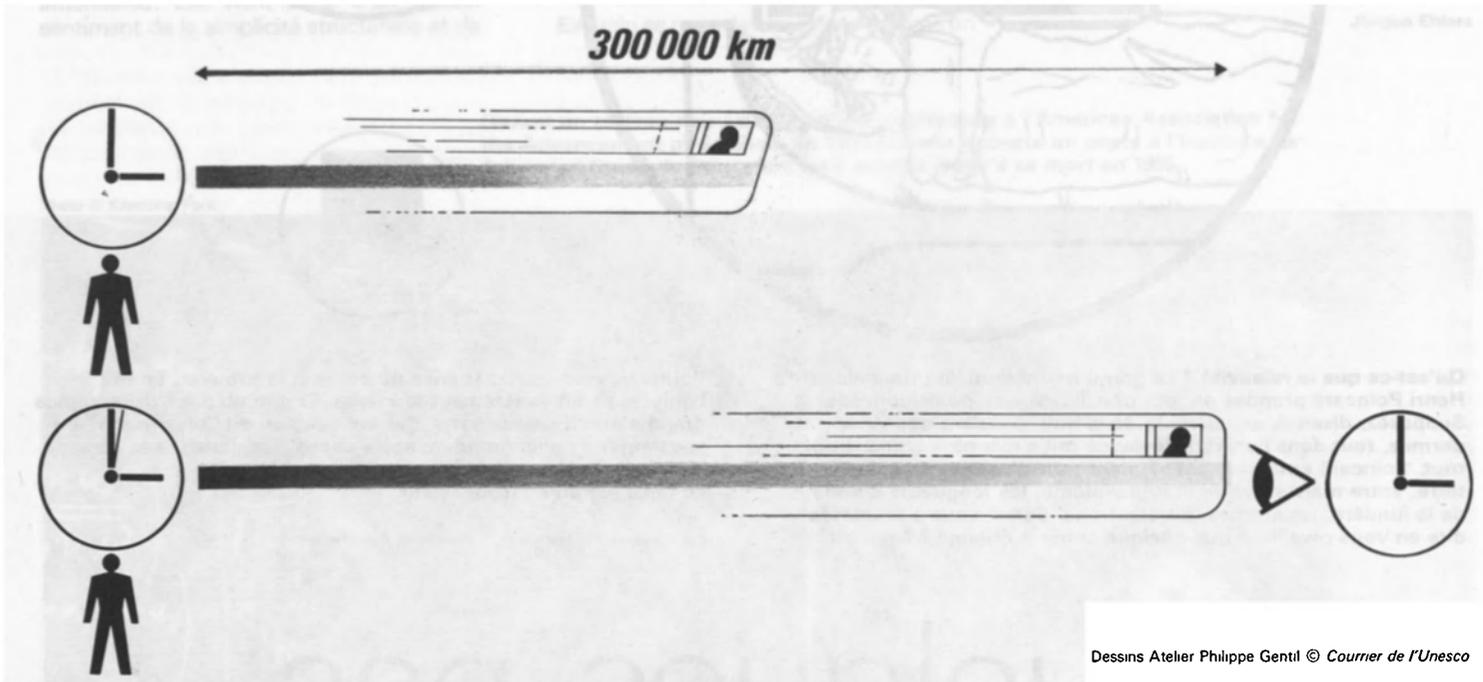
---

**ISAAC ASIMOV**, scientifique américain et auteur de science fiction, est mondialement connu pour son œuvre de vulgarisation. La longue liste de ses ouvrages atteste la variété de ses centres d'intérêt, qui vont de la critique littéraire à la psychologie, des mathématiques à l'humour, en passant par la poésie et le mystère. Il vient de publier deux ouvrages qu'il considère comme son 200<sup>e</sup> titre : *Opus 200, une anthologie de son œuvre*, et *In Memory Yet Green, premier volume de son autobiographie*.

# Le monde à l'envers

Une chevauchée sur un rayon de lumière, des horloges dont le mouvement ralentit lorsqu'elles voyagent, un disque microsillon dont le centre vieillit plus vite que le bord, des rayons de lumière qui s'incurvent, des objets qui changent de taille et de poids, deux jumeaux qui n'ont plus le même âge, des trous noirs dans l'espace où la lumière même reste prisonnière : tant de contes à dormir debout font penser à Alice au pays des merveilles ! C'est pourtant le monde de la relativité prévu par Einstein. Mais tous ces effets étranges postulés par sa théorie ne sont

perceptibles qu'à des vitesses très élevées. Dans la vie courante, ils sont si infimes qu'ils passent inaperçus, malgré leur importance en physique. Beaucoup des conséquences de la théorie de la relativité sont si complexes qu'elles ne peuvent être exprimées avec exactitude qu'en termes mathématiques. Les dessins et légendes des pages suivantes ne visent qu'à donner un premier aperçu visuel et nécessairement approximatif de l'univers mystérieux d'Einstein.



Dessins Atelier Philippe Gentil © Courrier de l'Unesco

## En voiture pour la relativité

Vers l'âge de seize ans — il vivait alors à Zurich — Einstein se posa un jour une question qui peut sembler frivole, mais dont la suite montre qu'elle touche de très près au principe de la relativité. "A quoi ressemblerait le monde, se demanda-t-il, si pour le parcourir j'enfourchais un rayon de lumière ?"

Essayons de faire avec Einstein ce voyage imaginaire.

Mettons-nous dans la situation qui dut être la sienne chaque jour à Berne lorsqu'il se rendait à son travail à l'Office des brevets. Nous aurions pris place à bord d'un tramway, au pied d'une tour surmontée d'une horloge. Imaginons encore qu'au lieu de rouler à son allure habituelle, le tramway nous emporte à la vitesse de la lumière (300 000 kilomètres/seconde), sur le faisceau lumineux-même qui nous transmet l'heure indiquée par l'horloge. L'horloge marque trois heures au moment où le tramway s'élanche pour nous transporter à 300 000 kilomètres de là. Le voyage prend exactement une seconde. Mais une fois les passagers du tramway rendus à destination, l'horloge — à supposer que nous puissions la distinguer et y lire l'heure à 300 000 kilomètres de distance — indique encore trois heures. Pourquoi cela ? Parce que le rayon lumineux qui nous transmet l'heure au moment de notre départ prend exactement le même temps que nous pour parvenir à destination. En se déplaçant à la vitesse de la lumière, les passagers semblent échapper au temps qui passe. Mais pour quelqu'un qui serait resté sur le pavé de Berne, la même horloge marquerait bien trois heures une seconde.

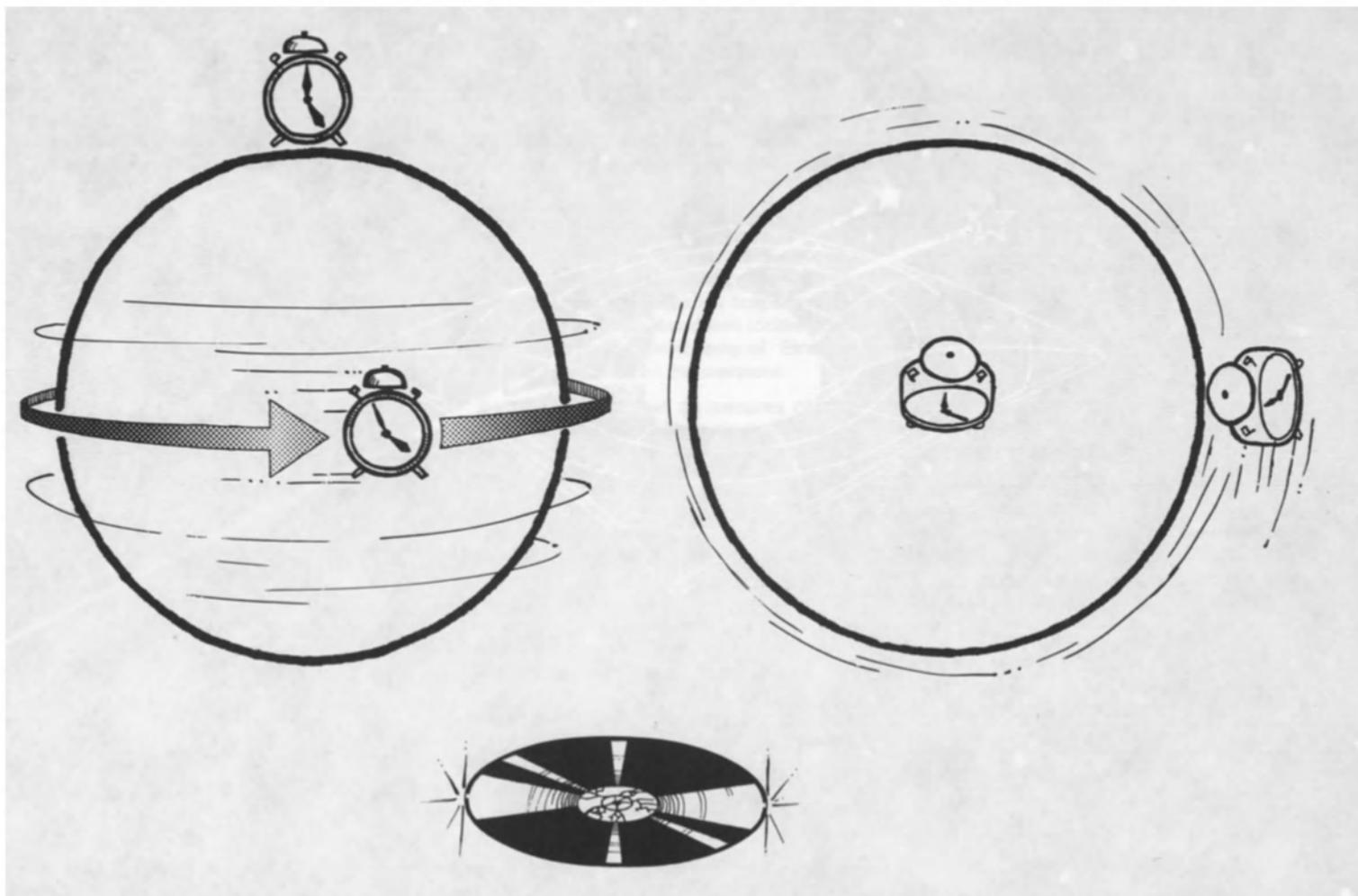
Autrement dit, le temps n'est pas le même pour nous, passagers de cette voiture et pour le piéton sur le pavé. Contrairement à ce que croyait Newton, il n'y a pas un temps universel ni rien qui y ressemble. Si, dans le tramway, les relations entre le temps, la distance, la vitesse, la masse et la force restent les mêmes que partout ailleurs, la mesure effective du temps, de la distance, etc., n'est pas la même. La seule valeur qui soit invariable pour quiconque, c'est celle de la vitesse de la lumière.

Pour Newton, l'espace et le temps composaient une structure absolue, le monde devant être le même au regard de n'importe quel observateur, où qu'il se trouve et quel que soit sa façon de se déplacer. Pour Einstein, ce que peuvent percevoir deux observateurs est relatif à la position et à la vitesse de chacun d'eux. On ne peut savoir à quoi ressemble le monde ; on peut seulement mettre sa propre vision en comparaison avec celle des autres. Avec la relativité, le monde ne se comprend plus par les faits, mais par la relation .

► sens de leur déplacement — devenir de plus en plus petits lorsque leur déplacement est de plus en plus rapide, jusqu'à atteindre la longueur zéro à la vitesse de la lumière ; que les objets en mouvement doivent avoir une masse de plus en plus grande au fur et à mesure de l'accroissement de leur vitesse, jusqu'à ce que cette masse soit infinie lorsqu'ils atteignent la vitesse de la lumière ; que la vitesse de l'écoulement du temps pour un corps en mouvement diminue d'autant plus que cette vitesse de déplacement est plus grande, pour finalement s'arrêter totalement lorsque la vitesse de la lumière est atteinte. Pour toutes ces raisons, la vitesse de la lumière dans le vide représente la vitesse maximum susceptible d'être mesurée.

En outre, Einstein a montré qu'une petite quantité de masse équivalait à une grande quantité d'énergie, conformément à sa fameuse équation  $E = mc^2$ , dans laquelle  $c$  représente la vitesse de la lumière.

Tout ce qui précède fut élaboré en 1905 et concernait des corps se déplaçant à la même vitesse dans une direction invariable.



## Le temps disloqué

Une prévision curieuse de la théorie de la relativité était qu'une horloge statique avancerait plus vite qu'une horloge en mouvement. En 1905 Einstein écrivait : "Une horloge placée à l'équateur ira plus lentement — le décalage étant minuscule — qu'une horloge identique placée à l'un des pôles". Le savant anglais H.J. Hay en a fait la vérification expérimentale en visualisant le globe terrestre comme un disque où le pôle nord

occuperait le centre, et l'équateur le bord extérieur. Plaçant une horloge radioactive au centre et une autre à l'extérieur, il fit tourner sa maquette. Le prévision d'Einstein s'avéra : l'horloge à l'extérieur marchait plus lentement que celle du centre. Cela est vrai de n'importe quel disque sur un électrophone : chaque fois qu'il tourne il vieillit plus vite en son centre que sur le bord.

Ce type particulier de mouvement fut pris en considération par Einstein dans sa "théorie de la relativité restreinte".

Les effets prévus par Einstein ne sont perceptibles qu'aux vitesses élevées. L'arithmétique simple des lois de Newton intervient aux vitesses ordinaires pour la simple raison que les effets Einstein sont alors trop faibles pour être perçus. Etant donné que nous sommes en toute circonstance plongés dans un environnement où règnent les lois de Newton, celles-ci nous paraissent être du domaine du "bon sens", alors que les effets Einstein nous semblent étranges.

Mais, lorsque Einstein publia sa théorie, certains savants s'intéressaient aux particules sub-atomiques expulsées lors de la désintégration d'atomes. Ces particules se déplacent à des vitesses élevées, et elles peuvent être utilisées pour observer avec précision les effets prévus par Einstein. Les accélérateurs de particules et les bombes nucléaires n'auraient pas vu le jour si la théorie de la relativité restreinte ne s'était pas révélée exacte.

En 1916, Einstein élabora une version plus compliquée de la théorie de la relativité, qui faisait intervenir non seulement le mouvement à vitesse constante dans une direction invariable, mais également n'importe quel type de mouvement, variable en vitesse ou en direction ou les deux à la fois. Parce qu'elle concerne tous les types de mouvement, cette version de sa théorie est "la théorie de la relativité générale".

Le fait que des objets se déplacent à des vitesses variables et dans des directions variables est dû, le plus souvent, à l'intervention des forces de la gravitation. Une balle qui tombe se déplace de plus en plus rapidement parce que la gravité de la terre l'attire. La balle que l'on jette décrit une trajectoire courbe parce que la gravité de la terre l'attire. La terre décrit dans l'espace une trajectoire courbe parce que la gravité du soleil l'attire.

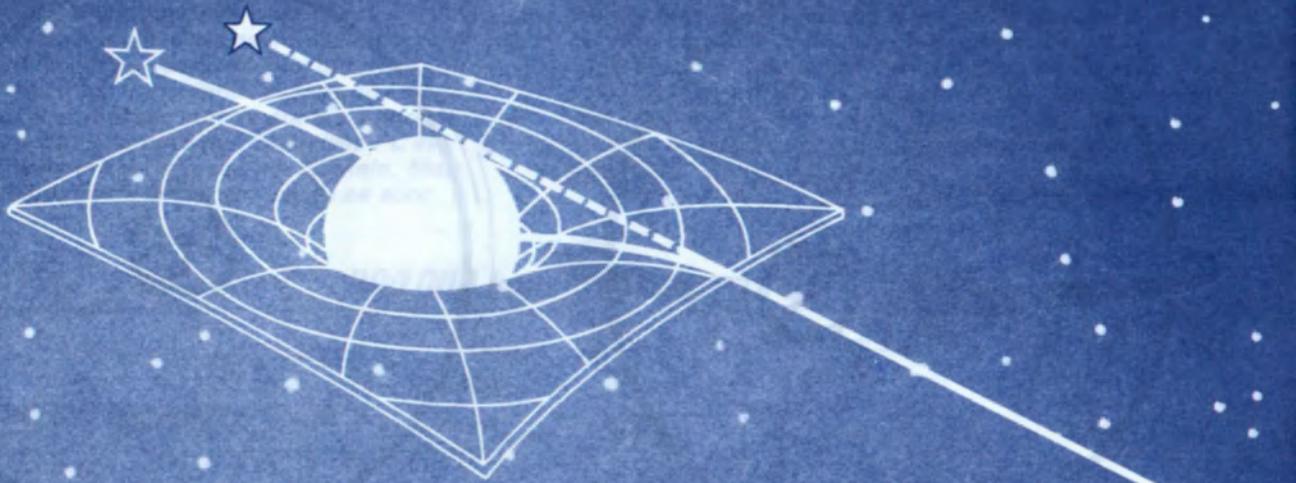
Et voilà ce qui fait que la théorie générale d'Einstein devait traiter de la gravitation.

Einstein a mis au point un ensemble d'équations qui montrent que s'il n'existait

ni matière ni gravitation, la trajectoire d'un corps en mouvement serait une ligne droite. En présence de la matière, l'espace proche du corps en mouvement sera déformé, de sorte que le corps en mouvement se déplace selon une trajectoire curviligne. La théorie générale d'Einstein a montré ce que doivent être ces lignes courbes et elle a précisé qu'elles ne sont pas tout à fait conformes à celles prévues par la théorie de la gravitation de Newton.

En fait, la différence entre les équations d'Einstein et celles de Newton est vraiment très faible, et seules les mesures les plus précises et les plus délicates sont capables de mettre en évidence celles de ces équations qui expriment le mieux le déplacement des corps en mouvement.

L'un des moyens permettant de déterminer qui a raison, d'Einstein ou de Newton, consiste à étudier le comportement de la lumière lorsqu'elle traverse un champ gravitationnel intense. Selon Einstein, la lumière doit traverser l'espace déformé et emprunter une trajectoire très légèrement incurvée. Il ne doit pas en être ainsi d'après les règles énoncées par Newton.



Dessin Atelier Philippe Gentil © Courrier de l'Unesco

## Les courbes de l'espace-temps

La gravitation représentait pour Newton l'attraction mutuelle des masses de matière, c'est-à-dire le phénomène par lequel deux corps quelconques peuvent s'attirer avec une force proportionnelle à leur taille et à la distance qui les sépare. Cette force était censée agir partout dans le monde, faisant qu'une pomme tombe sur le sol, que la lune tourne autour de la terre, etc. A cette force qui sous-tend le mécanisme de l'univers newtonien, Einstein a substitué le concept de "champ de gravitation". C'est le champ de gravitation de la terre qui fait tomber la pomme de Newton, et celui du soleil qui fait que les planètes tournent autour de lui. La matière, selon Einstein, crée ce champ de gravitation en provoquant en son voisinage une

distorsion de ce qu'il a appelé le "continuum espace-temps". On a pu comparer ce phénomène à la déformation que subit un voile élastique bien tendu sur lequel on place des objets lourds (ici le soleil ou les étoiles). Le diagramme montre comment les rayons lumineux épousent les courbes ainsi formées et décrivent une trajectoire curviligne autour des grands corps célestes. Einstein avait prévu que la lumière d'une étoile passant auprès du soleil serait déviée et que sa trajectoire semblerait s'incurver autour de lui. Cette prévision a été confirmée au cours d'une expérience mémorable conduite en 1919 par l'astronome britannique Sir Arthur Eddington (voir page 18).

En 1919, une éclipse totale put être observée, et la position des étoiles proches du soleil déterminée avec précision. Si la lumière empruntait une trajectoire incurvée, chaque étoile devait paraître un peu plus éloignée du soleil qu'elle n'aurait dû l'être. L'ampleur du déplacement devait être fonction de la proximité de la trajectoire de la lumière par rapport au soleil et la théorie d'Einstein la prévoyait exactement. Les mesures réalisées lors de cette éclipse de 1919, et lors de toutes les éclipses totales observées depuis, semblent localiser les étoiles à l'emplacement auquel Einstein avait prévu qu'elles se trouveraient.

Il s'agissait toutefois de mesures délicates et difficiles à effectuer avec précision. A l'âge spatial qui est le nôtre, nous sommes capables de faire mieux.

Par exemple, en 1969, deux sondes furent envoyées en direction de Mars. Lorsque ces sondes se trouvèrent situées de l'autre côté du soleil, les ondes radio qu'elles émettaient vers la terre devaient passer à proximité du soleil, et elles suivaient par conséquent une trajectoire déformée. Du fait de la distorsion, la distance parcourue était plus longue que n'aurait été la ligne droite, et il fallait un peu plus de temps à ces ondes pour nous atteindre. Il leur a fallu en fait un dix-millième de seconde de plus, quantité mesurable et qui correspondait exactement à ce que prévoyait la relativité générale.

Une autre prévision de la théorie générale d'Einstein est que, dans l'espace déformé par la gravité, le temps subit un ralentissement.

Un objet de grande dimension faisant fonction de source lumineuse émet sa lumière sous forme d'ondes plus longues qu'elles ne le seraient dans d'autres conditions. Cela est dû au ralentissement du temps dans le champ de gravitation de cet objet qui prolonge la durée d'une onde avant que la suivante n'apparaisse. Toutefois le soleil lui-même n'est pas doté d'un champ de gravitation suffisamment intense pour provoquer un effet mesurable.

Cependant, au moment précis où Einstein élaborait sa théorie de la relativité générale, on annonçait la découverte d'une

nouvelle espèce d'étoile. Il s'agissait des "naines blanches". Dans une naine blanche, la totalité de la masse du soleil pourrait être concentrée dans un volume n'excédant pas celui de la terre. Le champ de la gravitation à sa surface aurait alors une intensité deux cent mille fois plus grande que celle du champ de la gravitation solaire.

Les ondes lumineuses particulières émises par une naine blanche devraient être plus longues d'une quantité déterminée que les mêmes ondes lumineuses émises par le soleil. En 1925, on a pu mesurer la lumière provenant d'une naine blanche, et on a constaté qu'elle était plus longue d'une quantité exactement égale à celle prévue par Einstein.

Naturellement, il était extrêmement difficile de mesurer la lumière d'une naine blanche. Les étoiles de ce genre émettent une lumière très pâle, et tenter d'analyser ces faibles émissions de lumière est un problème extrêmement délicat.

Or, il a été démontré que, dans certaines conditions, une collection d'atomes d'un cristal peut émettre des rayons gamma. Les rayons gamma sont constitués d'ondes analogues à celles de la lumière, mais plus courtes. Le cristal émet des rayons gamma qui ont tous exactement la même longueur d'onde, et cette longueur d'onde peut être mesurée avec une grande précision.

Si la théorie générale d'Einstein est correcte, la longueur d'onde des rayons gamma pourrait être légèrement modifiée si l'attraction gravitationnelle sur le cristal augmentait ou diminuait.

Sur la terre, la gravitation augmente lorsqu'on se rapproche du centre de la terre. Si vous habitez un immeuble, l'intensité de la gravité terrestre augmente chaque fois que vous descendez d'un étage, mais si faiblement qu'il n'est pas possible de percevoir la différence.

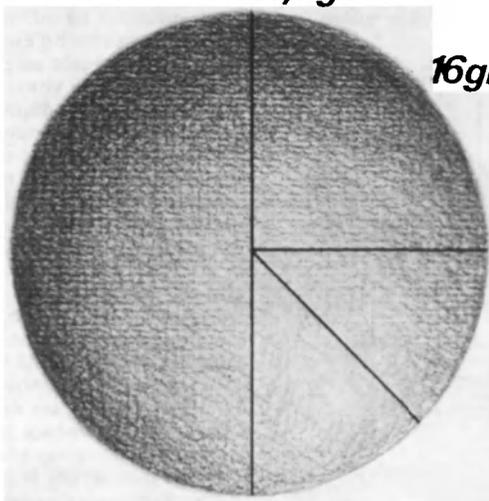
Celle-ci apparaît toutefois avec les rayons gamma. Lorsqu'on déplace un cristal du grenier au sous-sol, l'onde croît de façon très faible (mais perceptible), et d'une quantité exactement égale à celle prévue par la théorie d'Einstein.

**SUITE PAGE 16**

**16,5 gr. au Pôle Nord**

**16 gr. à 40° lat. Nord**

**15 gr. 9/10  
à l'équateur**



**0 gr.  
centre de la terre**

Un objet ne pèse pas le même poids en tous points du globe. Cela vient du fait que la terre n'est pas parfaitement ronde et qu'elle tourne. Un objet ne pèserait rien au centre de la terre parce que celle-ci exercerait sur lui une attraction égale de tous côtés.

Dessin Atelier Philippe Gentil © Courrier de l'Unesco adapté de The World Book Encyclopedia © 1979 World Book-Childcraft International, Inc.



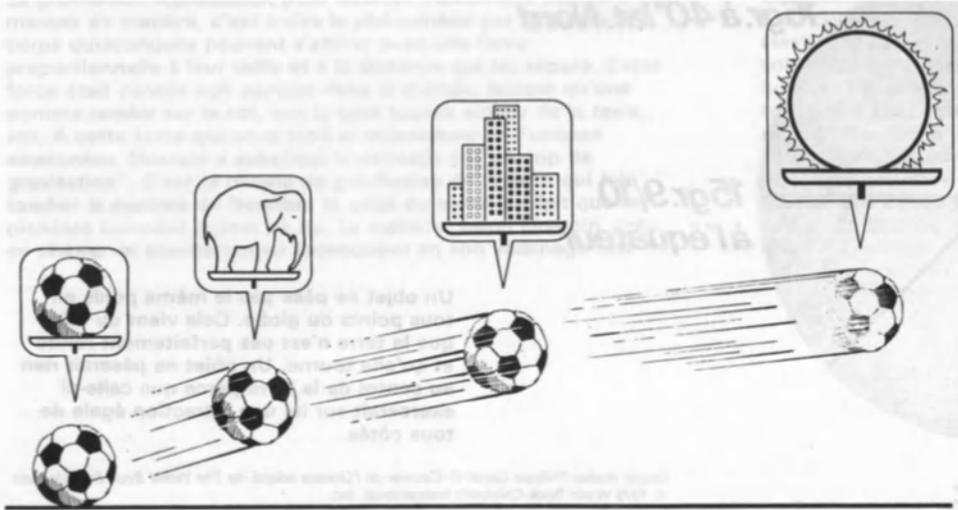
Photo © I.P.S , Paris

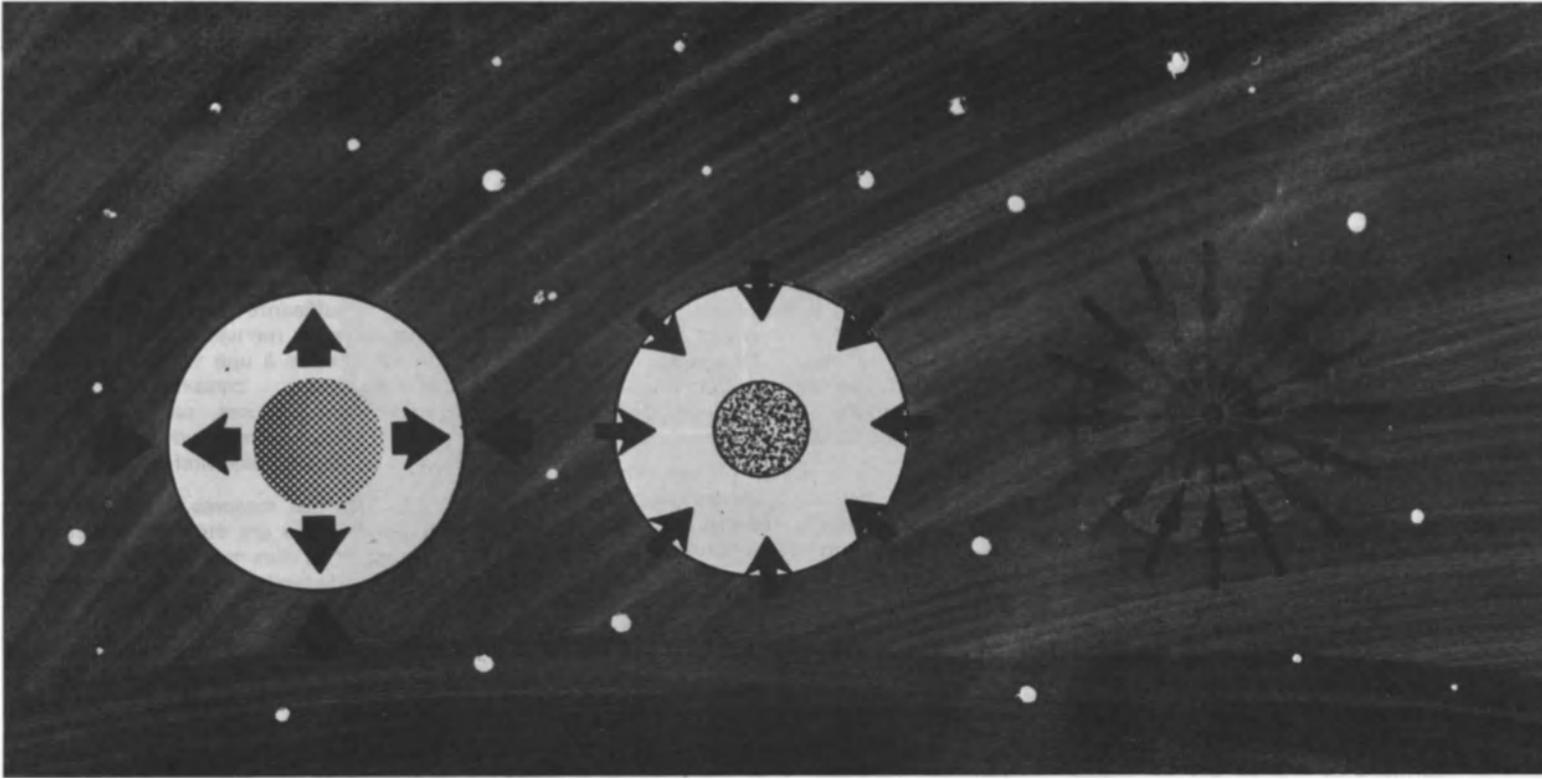
Les étoiles les plus massives se consomment avec plus d'intensité que le soleil, leur vie est beaucoup plus courte et prend fin dans une explosion formidable. La nébuleuse du Crabe (ci-dessus) est constituée des restes d'une explosion stellaire qui fut enregistrée par les astronomes chinois en 1054 av. J.C. En 1969, des astronomes ont découvert au cœur de la nébuleuse l'existence d'une étoile à neutrons. Ce corps de faible dimension, mais d'une extrême densité, est la masse résiduelle comprimée de l'étoile originelle. On appelle "pulsars" ces sortes d'étoiles parce qu'elles émettent de la lumière et des signaux radio à intervalles réguliers, comme des pulsations.

## Le cauchemar du footballeur

Quel ne serait pas l'étonnement d'une équipe de footballeurs si elle voyait son avant-centre dégager le ballon si vigoureusement qu'il s'envole et accélère jusqu'à atteindre la vitesse de la lumière ! Le ballon qui, posé au sol, ne pèse guère

que 450 grammes, se ferait de plus en plus lourd : plus lourd qu'un éléphant, qu'un groupe d'immeubles, plus lourd même que le soleil ; finalement, la vitesse de la lumière atteinte, son poids serait infini ! C'est pourtant ce qu'on peut déduire de la fameuse équation d'Einstein  $E = mc^2$  (l'énergie est égale au produit de la masse par le carré de la vitesse de la lumière). L'équation nous indique qu'en divisant l'énergie du mouvement du ballon (énergie cinétique) par le carré de la vitesse de la lumière, on obtient la masse du ballon ; puisque l'énergie du ballon augmente avec l'accélération, sa masse, elle aussi, doit augmenter. On a défini la masse comme la quantité de matière d'un corps, mais les scientifiques préfèrent la définir comme une mesure de l'inertie, c'est-à-dire de la résistance de toute matière à l'accélération. Dans la vie courante, on mesure habituellement le poids plutôt que la masse. En fait, les deux notions sont en rapport étroit, encore que la notion de poids soit beaucoup plus complexe que celle de masse, car le poids dépend de la force du champ de gravitation de la terre.



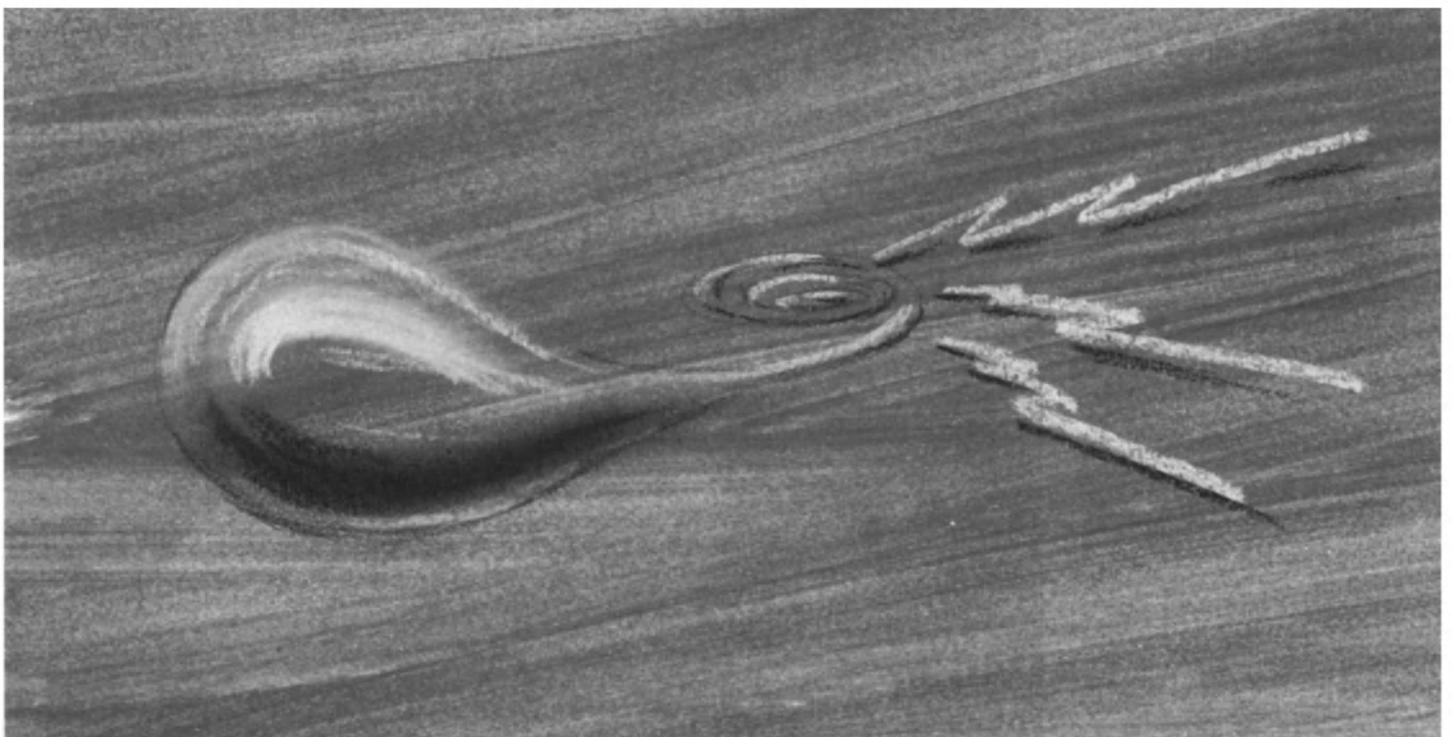


Dessins Atelier Philippe Gentil © Courrier de l'Unesco

## Etoiles géantes et trous noirs

En regardant le ciel, la nuit, on peut y voir des étoiles parce que celles-ci émettent de la lumière. Mais dans les équations de la relativité générale — et c'est une des conséquences les plus "fantastiques" de la théorie d'Einstein — est inscrite la possibilité qu'il existe aussi des "trous noir", cadavres d'étoiles qui furent jadis énormes, mais qu'on ne peut voir parce que leur champ gravitationnel est si intense qu'aucune lumière ne peut s'en échapper. Comment les trous noirs se forment-ils ? Et puisqu'on ne peut les voir, comment connaître leur existence ? Le graphique ci-dessus décrit, de gauche à droite, les étapes de la formation d'un trou noir. Dans la période de stabilité de la vie des étoiles dites massives, la pression de gravitation (représentée par les flèches dirigées vers l'intérieur) est équilibrée par celle des radiations libérées par les réactions nucléaires au cœur de l'étoile (flèches dirigées vers l'extérieur). A la fin de sa vie, quand l'étoile

a épuisé son carburant thermonucléaire, ces réactions s'arrêtent et l'étoile s'effondre sur elle-même sous le poids de sa propre gravité. Finalement, l'étoile qui s'écrase ainsi sur elle-même en "collapse" gravitationnel (dessin au centre) se stabilise à un stade extrêmement condensé : son volume est devenu infime pour une densité et une gravité extrêmement élevées. Par définition, les trous noirs sont invisibles, même des télescopes les plus puissants, mais on peut déceler leur présence par leurs effets sur les étoiles visibles à proximité. Leur immense pouvoir gravitationnel fait que les trous noirs se comportent comme de gigantesques aspirateurs de l'espace, engloutissant tout ce qui passe à leur portée. En bas, des gaz issus d'une étoile massive visible sont entraînés vers un trou noir invisible. Cette spirale de gaz aspirée par le trou noir, réchauffée et comprimée, émet alors des rayons X que les astronomes peuvent détecter.



Une autre conséquence de la conception de la gravitation donnée par Einstein dans sa théorie de la relativité générale est que la gravitation, comme la lumière, peut être analysée en termes d'ondes. De cette manière la gravitation comme la lumière peut transporter au loin l'énergie émise par l'objet.

Les ondes de gravitation de ce type sont émises lorsqu'un objet se déplace du fait de la gravitation sur une trajectoire circulaire, ou en va et vient, ou selon un mouvement de pulsation qui le rapproche et l'éloigne. La terre, lorsqu'elle tourne autour du soleil, émet des ondes de gravitation, conformément à la théorie d'Einstein. Elle perd progressivement de l'énergie, de sorte qu'elle se rapproche lentement du soleil.

Mais les ondes de gravitation sont tellement faibles, et elles transportent si peu d'énergie, que les ondes émises par la Terre sont bien trop faibles pour être détectées. L'énergie qu'elles transportent est si ténue que la Terre ne peut se rapprocher du soleil de plus de quelques mètres après plusieurs milliards d'années.

Pourtant, il se peut que, quelque part dans l'univers, il existe un champ gravitationnel plus intense que dans le système solaire. Des déplacements extrêmement rapides peuvent alors donner naissance à une émission d'ondes gravitationnelles porteuses d'une énergie suffisante pour être détectée.

De nombreux scientifiques se sont efforcés de détecter des ondes gravitationnelles de ce genre au moyen d'appareils extrêmement délicats. Certains y sont parvenus, mais leurs résultats étaient tout juste significatifs et ils n'ont pas été admis jusqu'à présent.

Toutefois, en 1967, on a découvert un nouveau type d'étoiles, les "pulsars". Une étoile de ce type est encore plus petite et plus condensée qu'une naine blanche. Un pulsar peut avoir une masse égale à celle de notre soleil, entièrement condensée en une petite sphère ne dépassant pas 12 kilomètres de diamètre. Le champ gravitationnel à la surface d'un pulsar doit atteindre 10.000.000.000 fois celui du soleil.

En 1974, deux pulsars tournant l'un autour de l'autre ont été découverts. Dans le cas d'une rotation se produisant au sein d'un champ gravitationnel d'une intensité aussi incroyable, les effets qui étaient difficilement perceptibles dans notre système solaire deviennent facilement mesurables.

On sait qu'une faible part du déplacement de Mercure autour du soleil n'est pas expliquée par la théorie de la gravitation de Newton. Un point particulier de l'orbite de Mercure effectuée autour du soleil un cercle complet en un peu plus de trois millions d'années, alors que d'après la théorie de Newton, ce phénomène ne devrait pas se produire. Mais la théorie d'Einstein rend compte exactement de ce mouvement.

D'après la théorie d'Einstein ce même point dans l'orbite du couple de pulsars devrait effectuer un cercle complet en 84 ans seulement, et l'on observe que ce point se déplace à la vitesse exacte qui lui permet de le faire.

Il y a plus : les pulsars émettent des ondes de gravitation au cours de leur révolution, et ces ondes sont beaucoup plus intenses que celles de la terre. L'énergie transportée par ces ondes de gravitation doit être suffisante pour provoquer chez ces pulsars un mouvement en spirale de l'un vers l'autre à une vitesse mesurable. Corrélativement, certaines impulsions d'ondes-radio émises par ces pulsars devraient nous parvenir à des intervalles de temps de plus en plus brefs.

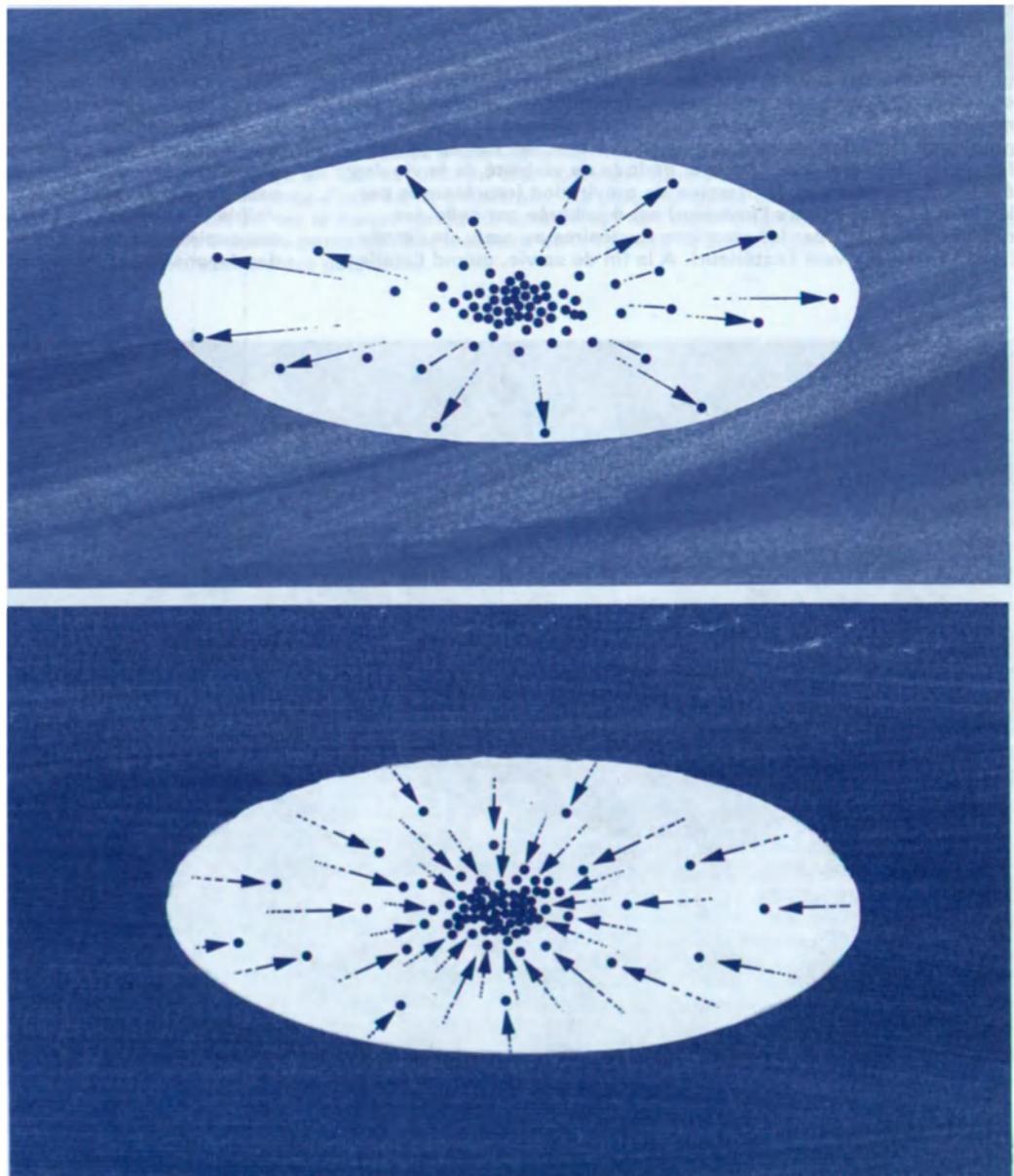
En 1978, des mesures délicates de ces impulsions-radio ont été réalisées et on a pu montrer qu'elles nous parvenaient à des intervalles de temps de plus en plus courts, exactement comme il était prévu.

Ce dernier résultat nous renvoie trois quarts de siècle en arrière, au jour où Einstein a proposé sa théorie de la relativité. Depuis ce jour, des scientifiques se sont succédés sans relâche et avec toutes les ressources de leur imagination pour mettre à l'épreuve la théorie d'Einstein. Or, elle a passé avec succès et sans exception tous les examens qu'on lui a fait subir.

Isaac Asimov

Les travaux d'Einstein ont donné un nouvel élan à la cosmologie, c'est-à-dire à l'étude de l'univers conçu comme un tout. Le mathématicien soviétique Alexandre Friedmann avait montré que, d'après les théories d'Einstein, l'univers était vraisemblablement instable et en expansion. Einstein lui-même ne voulut pas, tout d'abord, suivre jusqu'au bout la logique de ses propres équations, et, pour arriver à un modèle d'univers fermé, il introduisit, dans les équations de la gravitation, un facteur qu'il appela la "constante cosmologique" (voir article page 29). En 1924, l'astronome américain Edwin Hubble vérifia expérimentalement la proposition de Friedmann selon laquelle les galaxies s'éloignent à vitesse croissante et l'univers est en expansion. Einstein se rendit finalement à l'évidence et dit de sa première hypothèse qu'elle avait été "la plus grosse erreur de sa vie". En haut, l'image d'un univers ouvert, éternellement en expansion ; en bas, celle d'un univers fermé qui finira par se contracter.

Dessins Atelier Philippe Gentil © Courrier de l'Unesco





Paul Dirac et Albert Einstein au cinquième Congrès Solvay (Bruxelles, octobre 1927).

Photo © Palais de la Découverte, Paris

# Une théorie harmonieuse que la nature aurait pu choisir

par Paul Dirac

**L**ES grandes découvertes scientifiques se font de deux façons. Parfois le temps est mûr pour l'une d'elles et de nombreux chasseurs sont sur la piste. C'est alors la course entre eux, et celui qui arrive le premier l'emporte.

Voyez la liste des Prix Nobel : très souvent, un prix a été attribué à deux ou trois savants qui travaillaient sur un même sujet et qui se sont partagés les honneurs de la

victoire. Dans de tels cas, si l'un des chercheurs n'avait pas existé, la découverte aurait tout de même été faite à bref délai par quelqu'un d'autre.

C'est une première manière d'accéder à la découverte, mais il en existe une autre : le chercheur alors travaille seul, sans rivaux ni concurrents ; il pénètre des domaines nouveaux de la pensée, que personne jusque-là n'avait explorés. Le travail d'Einstein s'inscrit pour une très large part dans cette dernière catégorie. Si Einstein n'avait pas existé, personne n'aurait été capable de faire ses découvertes avant des années, peut-être des dizaines et des dizaines d'années. Einstein à lui seul a totalement modifié le cours de l'histoire de la science.

La théorie de la relativité élaborée par Einstein est demeurée inconnue sinon de quelques spécialistes jusqu'à la fin de la Première guerre mondiale, en 1918. Elle eut alors un retentissement extraordinaire : elle proposait un autre mode de pensée, une

nouvelle conception du monde, une nouvelle philosophie.

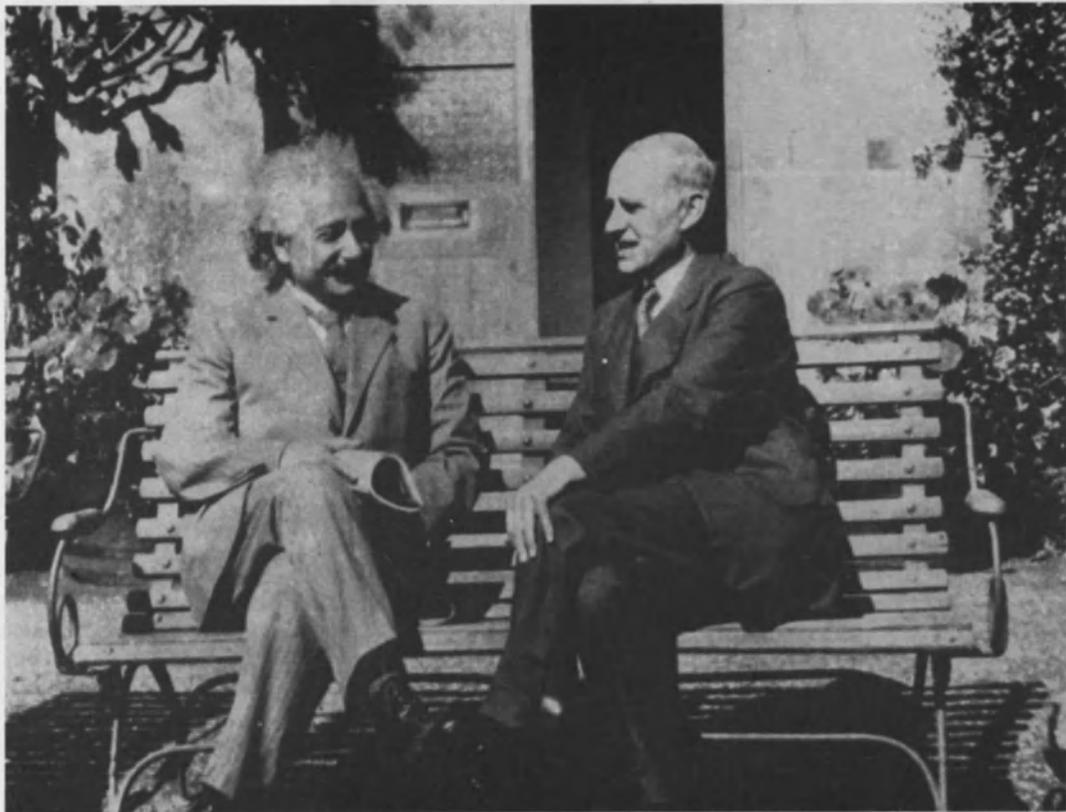
A l'époque, tout le monde — les vainqueurs comme les vaincus — était las de la guerre ; on attendait quelque chose de nouveau. La relativité convenait tout à fait : le grand public s'en empara et elle devint "le" sujet de conversation. Elle faisait un peu oublier les horreurs de la guerre.

D'innombrables articles furent alors consacrés à la relativité dans les journaux et les périodiques. Jamais auparavant, et jamais depuis, une idée scientifique n'a suscité un intérêt aussi universel. La plupart des commentaires restaient d'ordre très général et philosophique ; il y manquait la précision indispensable à toute discussion scientifique sérieuse. Les informations précises étaient très rares. Mais bien des gens furent heureux de pouvoir exposer leur point de vue.

---

**PAUL DIRAC**, physicien britannique de renommée mondiale, a été en 1933 colauréat, avec le savant autrichien Erwin Schrödinger, du Prix Nobel de physique "pour avoir découvert de nouvelles formes productives de la théorie atomique". Il est professeur honoraire à l'Université de Cambridge, et professeur de physique à l'Université d'Etat de Floride aux Etats-Unis. Cet article est une version abrégée d'une conférence faite en septembre 1978 à Munich lors d'un colloque sur l'influence des idées scientifiques modernes sur la société, organisé sous les auspices de l'Unesco.

SUITE PAGE 21

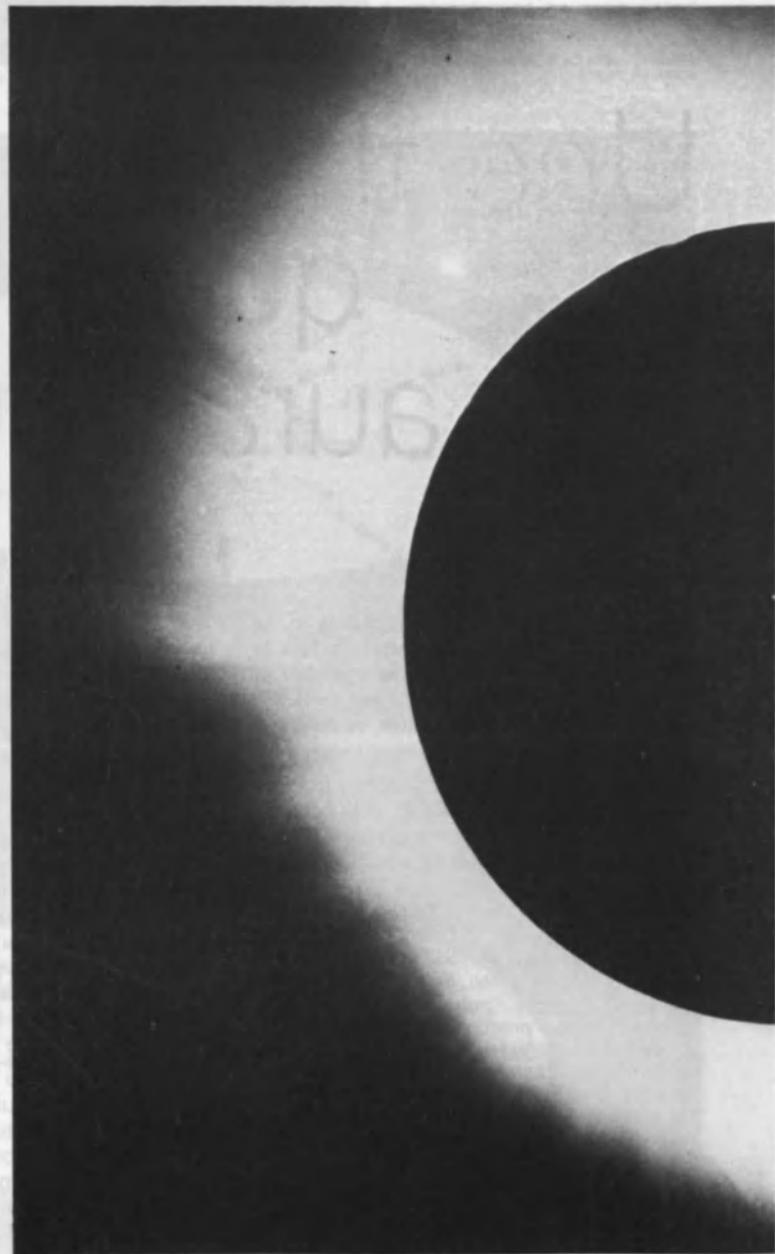


1



Photos © Observatoire royal de Greenwich, Royaume-Uni

2



3



4

## Au rendez-vous de la lumière courbe

La vérification la plus célèbre et la plus passionnante de la théorie de la relativité générale a été faite il y a soixante ans exactement sous la direction de l'astronome britannique Arthur Eddington (1882-1944). Dans sa théorie générale publiée en 1915, Einstein prévoyait que la gravité ferait dévier la trajectoire d'un rayon lumineux frôlant une étoile massive comme le soleil. Eddington décida de vérifier l'exactitude de cette hypothèse pendant une éclipse totale du soleil, le 29 mai 1919. Au cours de cette éclipse, en effet, il serait possible de photographier les étoiles proches du soleil. On pourrait alors comparer ces clichés à d'autres photos des mêmes étoiles prises à un moment où le soleil se trouvait ailleurs dans le ciel. Toute différence dans la position des étoiles d'une série de clichés à l'autre prouverait que le rayonnement lumineux émis par les étoiles s'incurve, cet écart étant calculable. L'éclipse de 1919 s'annonçait particulièrement favorable car elle devait se produire dans une région où le ciel compte beaucoup d'étoiles brillantes visibles au voisinage de la couronne solaire. Eddington organisa deux expéditions, l'une à l'île de Principe dans le Golfe de Guinée, l'autre à Sobral, au Brésil. L'une et l'autre rapportèrent des photos où l'image des étoiles permettait les calculs. Eddington avait pris la tête de l'expédition africaine et les premières mesures effectuées d'après les photos marquèrent, de son propre aveu, un grand moment de sa vie : elles montraient que le rayonnement solaire était effectivement dévié. Les résultats obtenus à Principe faisaient apparaître une déviation légèrement inférieure à celle prévue par Einstein. Ceux du Brésil, une déviation plutôt supérieure. Plusieurs mois après, les données avaient été analysées en profondeur et, le 27 septembre 1919, Einstein pouvait écrire à sa mère : "Bonnes nouvelles aujourd'hui... les expéditions britanniques ont confirmé de façon définitive la déviation de la lumière par le soleil".

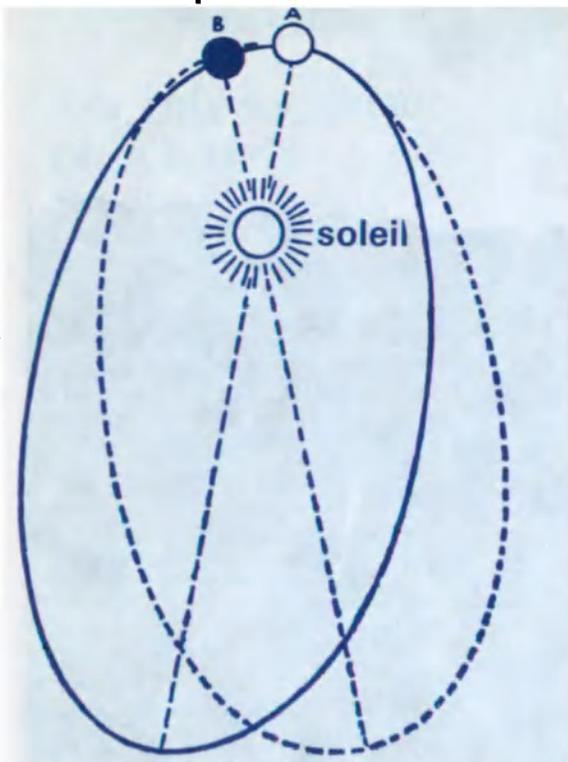
Photo 1 : *Einstein et Eddington à Cambridge en 1930.*

Photo 2 : *L'astronome Andrew Crommelin, qui dirigea l'expédition de Sobral, avec son matériel d'observation.*

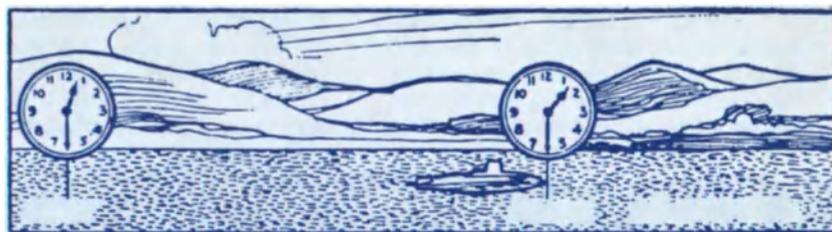
Photo 3 : *La couronne solaire pendant l'éclipse de 1919.*

Photo 4 : *A Sobral, au cours de l'expédition.*

## périhélie



**Mercury viole une loi cosmique.** Les savants étaient intrigués depuis une centaine d'années de ce que Mercury, en atteignant son périhélie (point de son orbite où il est le plus rapproché du soleil), ne se retrouvait pas à chaque révolution exactement au même point. Il semblait dépasser la vitesse habituelle des corps célestes en faisant un trajet supplémentaire. En un siècle ce dépassement, représenté ici par le segment AB, atteignait quarante-trois secondes d'arc. L'explication donnée par Einstein de cette "aberration" devait être un des corollaires de sa théorie générale de la relativité.



départ

arrivée

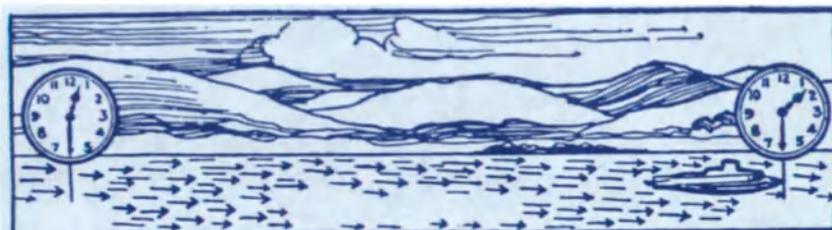
eau calme



départ

arrivée

contre la marée

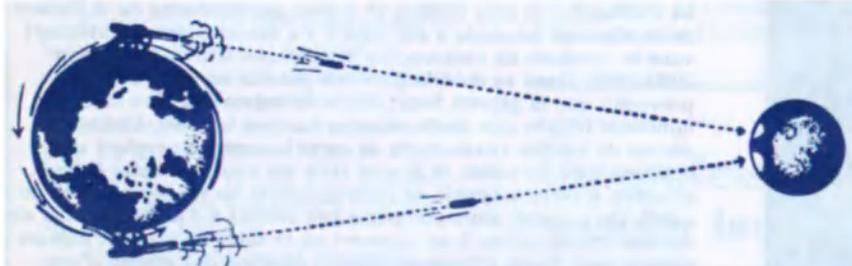


départ

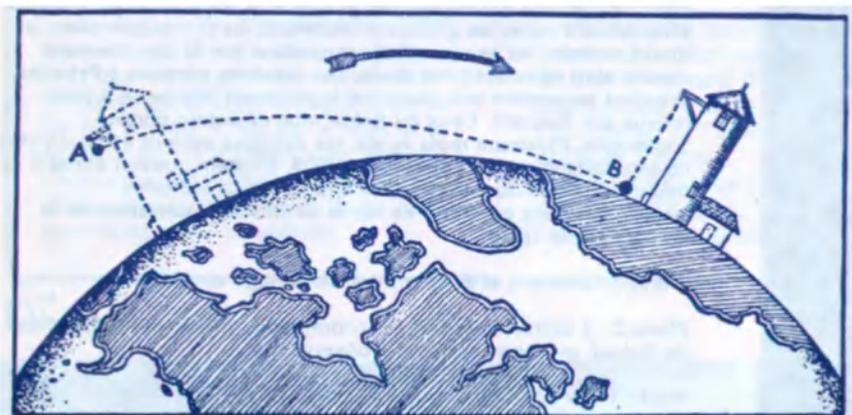
avec la marée

arrivée

**Relativité de la vitesse.** La vitesse d'un objet en mouvement est relative à un observateur, ainsi que le montrent ces trois croquis. Le sous-marin avance à la vitesse maximum de son moteur dans chaque cas, mais la distance parcourue en une heure varie en fonction du mouvement de la mer. Ainsi, tandis que la rapidité du navire par rapport à l'eau reste la même dans chaque cas, sa vitesse paraît variable à un observateur resté à terre, qui, ignorant les marées, estimerait que le moteur du sous-marin allait d'abord assez vite, puis très lentement, et enfin à grande vitesse.



**La vitesse de la lumière est constante.** Deux canons imaginaires, aux deux pôles de la terre, envoient chacun un projectile sur la lune. Du fait de la différence de vitesse due au mouvement de la terre, les deux projectiles arrivent à destination à des jours d'intervalle. Mais les rayons lumineux émis par les deux canons au même instant arrivent à la lune simultanément, exactement 1 seconde  $\frac{1}{3}$  après le tir. La vitesse de la lumière n'est affectée par aucun mouvement, ni à sa source, ni dans le milieu qu'elle traverse et, pour cette raison, elle est un précieux étalon en ce qui concerne la théorie de la relativité.



**Relativité de la direction.** Ce qui nous apparaît comme une ligne droite peut en réalité être une courbe. Une personne qui lâche une pierre du haut de la tour la voit tomber en ligne droite jusqu'à terre ; mais elle oublie que la terre est en mouvement. Du fait de ce mouvement, un observateur placé dans l'espace verrait tomber la pierre non en ligne droite, mais selon la courbe A B.

## PREMIÈRES IMAGES

Ces dessins et légendes ont été faits avant la deuxième guerre mondiale sous la direction d'Albert Einstein.

*Dessins et légendes extraits de Albert Einstein, maker of universes, par H. Gordon Garbedian et reproduits avec l'autorisation de Willis Kingsley Wing. Copyright 1939 par Funk et Wagnalls, éd.*

J'étais alors élève ingénieur à l'Université de Bristol, et, bien entendu, les étudiants se plongèrent dans l'étude de cette question qui donna lieu à de nombreuses discussions. Mais ni les étudiants ni les professeurs ne disposaient d'informations précises sur ce sujet, et ils ignoraient tout de ses présupposés mathématiques. Nous ne pouvions guère que parler de ses implications philosophiques et partager la conviction générale que c'était une bonne théorie.

En Angleterre, un astronome, Arthur Eddington, avait réellement compris la relativité, et devint le chef de file et l'autorité en la matière. Il s'intéressait beaucoup aux conséquences de cette théorie sur l'astronomie, et aux possibilités de la vérifier par des observations dans ce domaine.

On proposa trois moyens de mettre la théorie à l'épreuve.

Le premier concerne le mouvement de la planète Mercure. On avait observé que le périhélie de Mercure (c'est-à-dire le point de son orbite où la distance au soleil est la plus courte) était en avance de 43 secondes d'arc par rapport à ce qu'il aurait dû être selon la théorie de Newton : ce phénomène préoccupait les astronomes depuis longtemps. La théorie nouvelle d'Einstein rendait compte de cet écart et les observations d'Eddington confirmèrent cette interprétation.

C'était un grand succès pour la théorie d'Einstein, mais on prétend qu'Einstein lui-même ne se montra pas particulièrement ému en apprenant la confirmation apportée par Eddington, car il estimait que sa théorie devait être juste de toutes façons.

Une deuxième vérification concerne la déviation de la lumière au voisinage du soleil. La théorie de la gravitation élaborée par Einstein implique une déviation de la lumière lorsque celle-ci passe à proximité du soleil. La théorie de Newton implique également une déviation, mais elle n'est que la moitié de celle que prévoit la théorie d'Einstein. Il est par conséquent possible de vérifier la théorie d'Einstein en observant les étoiles situées au-delà du soleil et dont la lumière passe à proximité de celui-ci avant de nous atteindre.

Nous ne pouvons observer les étoiles proches du soleil qu'à l'occasion d'une éclipse totale, lorsque la lumière du soleil est masquée par la lune. Une éclipse totale favorable eut lieu en 1919, et Eddington organisa deux expéditions ayant pour mis-

sion de l'observer (il dirigea d'ailleurs personnellement l'une d'entre elles).

Ces deux expéditions conduisirent à des résultats qui confirmaient la théorie d'Einstein. Toutefois, le degré de précision n'était pas très grand, du fait des difficultés inhérentes aux observations de ce genre. Certains n'en furent pas entièrement satisfaits. Depuis cette date, de nombreuses éclipses totales de soleil se sont produites, fournissant l'occasion de tester de nouveau la théorie, et elles ont toujours conduit à des résultats conformes à la théorie d'Einstein, avec un degré de précision variable.

Plus récemment le recours aux ondes-radio au lieu des ondes lumineuses a permis de tenter une nouvelle vérification de ce phénomène. Certaines étoiles radio-sources ont été découvertes : lorsque l'une de ces étoiles est située derrière le soleil, il est possible de déterminer la déviation éventuelle des ondes-radio au voisinage du soleil. On peut le faire sans attendre une éclipse totale car le soleil émet des ondes-radio très faibles. Lorsque l'on fait appel aux ondes-radio de préférence aux ondes lumineuses, une complication supplémentaire apparaît du fait de la déviation de ces ondes-radio par la couronne solaire. Mais cette déviation se révèle différente selon la longueur d'onde, de sorte que, en réalisant les observations sur deux longueurs d'onde différentes, il est possible de dissocier l'effet imputable à la couronne de l'effet Einstein. Il en résulte que la théorie d'Einstein est confirmée de façon beaucoup plus précise qu'avec les ondes lumineuses.

La troisième possibilité de vérification est la suivante : la théorie de la relativité générale prévoit que les ondes lumineuses émises par une source située dans un champ gravitationnel seront déviées vers les longueurs d'onde plus élevées, c'est-à-dire vers l'extrémité rouge du spectre, phénomène connu sous l'appellation de déviation vers le rouge. Le moyen le plus commode pour observer ce phénomène consiste à étudier la lumière émise par la surface du soleil. Mais là, il est difficile d'observer l'effet Einstein par suite de l'interférence d'un autre phénomène (l'effet Doppler), résultant du mouvement de la matière dans l'atmosphère solaire, mouvement très important et qui n'est pas encore très bien compris. Il est néanmoins possible d'évaluer les incidences de ce mouvement, et les résultats correspondent en gros aux prévisions de la théorie d'Einstein.

La découverte des étoiles naines blanches fournit un meilleur moyen de vérifier le même effet. Chez les naines blanches, l'état de la matière est très condensé. Le potentiel de gravitation à la surface d'une naine blanche est beaucoup plus élevé qu'à la surface du soleil, et par conséquent l'effet Einstein y est plus important. Si nous disposons sur une naine blanche d'une information suffisante pour évaluer sa masse et ses dimensions, nous aurons alors un moyen satisfaisant de vérifier la théorie d'Einstein. Il est désormais possible de vérifier également cette théorie grâce à des observations réalisées en laboratoire, et la précision est meilleure que celle des observations astronomiques.

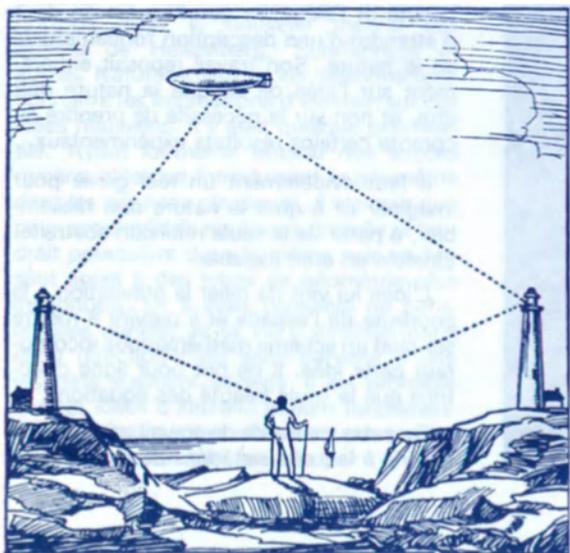
Depuis peu, un quatrième moyen de vérification est venu s'ajouter aux trois autres. Il s'agit du temps nécessaire à la lumière pour passer à proximité du soleil. La théorie d'Einstein implique ici l'existence d'un retard. Il est possible d'observer ce retard en émettant des ondes radar en direction d'une planète située au-delà du soleil, et en mesurant le temps nécessaire pour que les ondes réfléchies rejoignent la terre. Avec les ondes radar, le retard est modifié par la couronne solaire, et il faut donc avoir recours de nouveau à deux longueurs d'onde différentes pour dissocier l'effet de la couronne de l'effet Einstein.

Les observations de ce type ont été réalisées par Irwin Shapiro, et elles concordent bien avec la théorie d'Einstein.

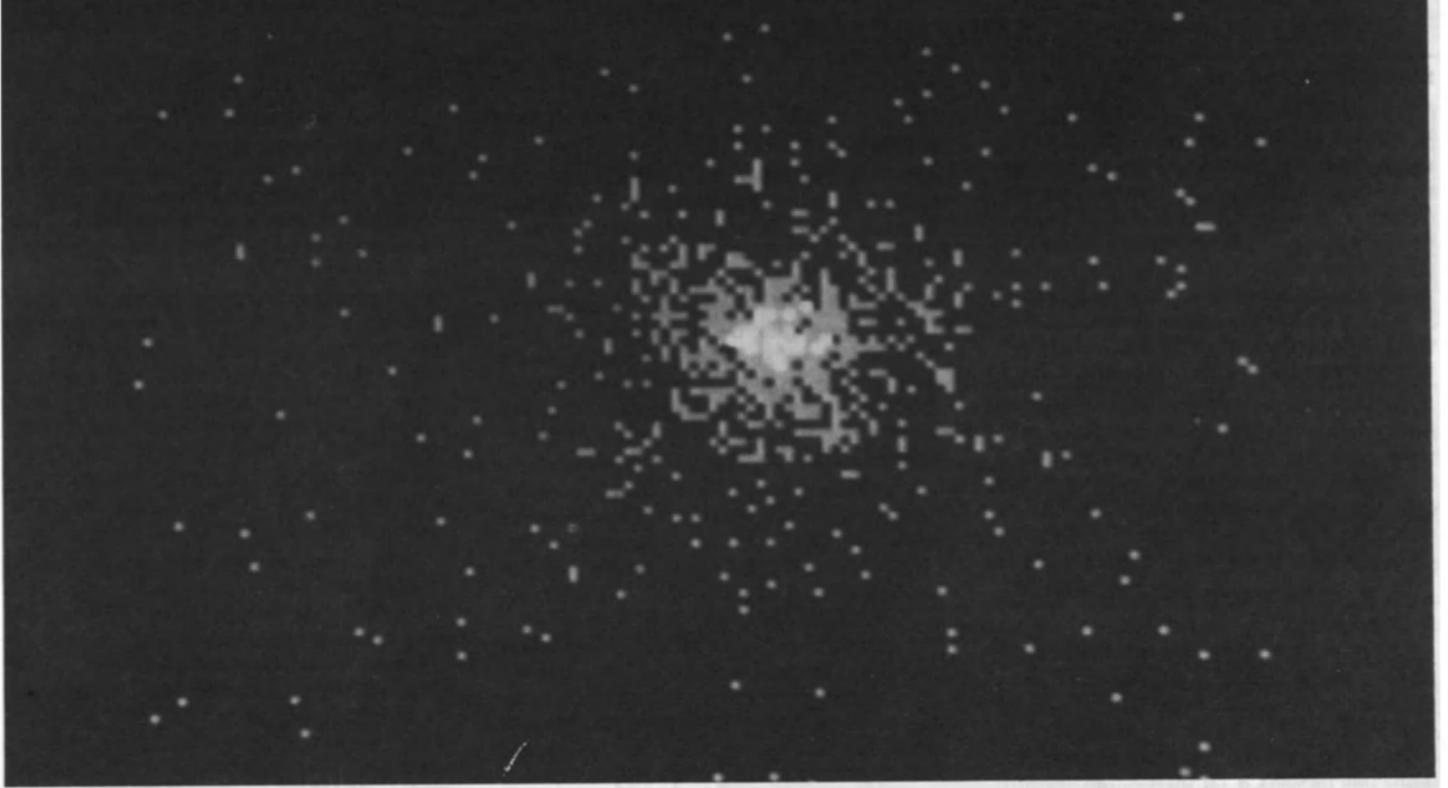
Cette énumération des succès remportés par la théorie d'Einstein est impressionnante. Dans tous les cas, la théorie d'Einstein se trouve confirmée, avec plus ou moins de précision selon le degré d'exactitude des observations effectuées, et compte tenu des incertitudes qu'elles comportent.

Considérons maintenant la question qui se poserait s'il était apparu entre la théorie et les observations un désaccord certain et caractérisé. Comment conviendrait-il de réagir ? Comment Einstein lui-même aurait-il réagi ? Faudrait-il alors considérer la théorie comme fondamentalement erronée ?

A cette dernière question, ma réponse est catégorique : c'est non. Quiconque est sensible à l'harmonie fondamentale qui associe le cours de la nature et les grands principes mathématiques, sait bien qu'une théorie aussi belle et élégante que celle d'Einstein doit nécessairement être juste

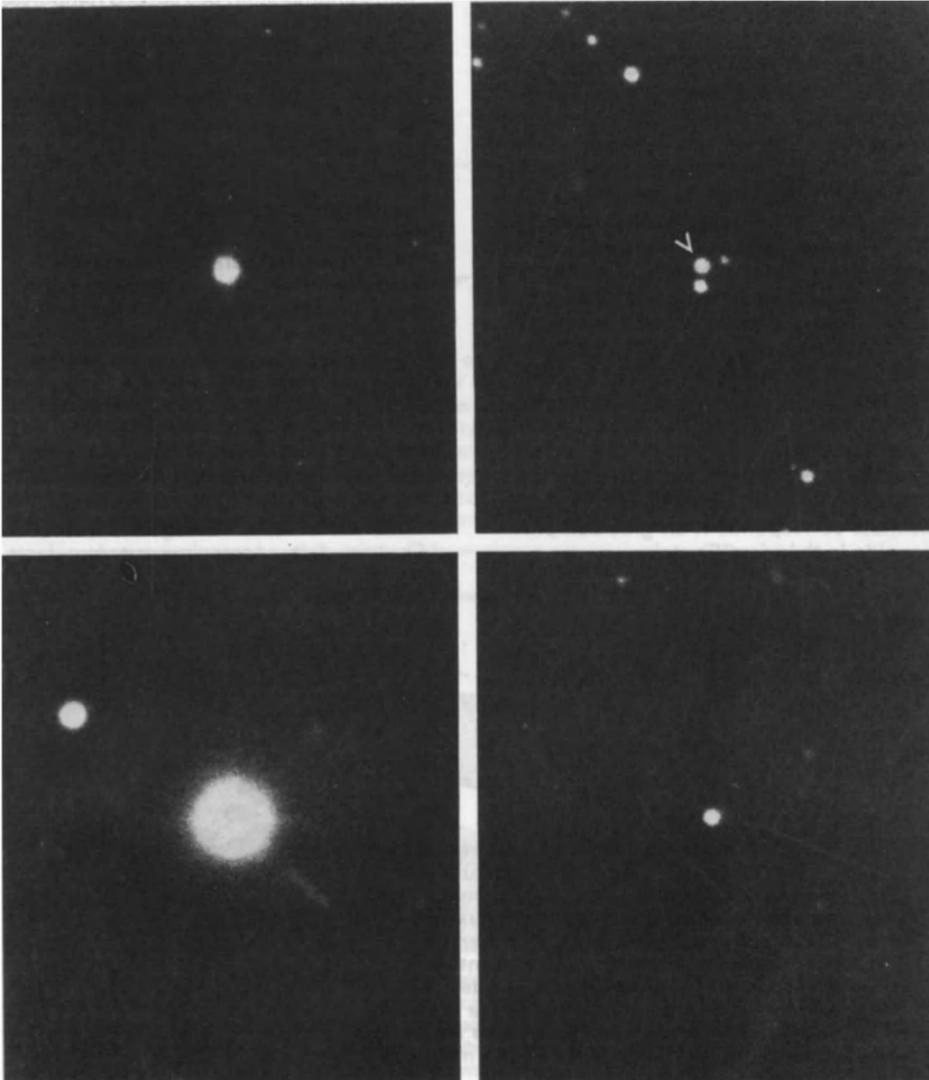


**Relativité du temps.** Deux phares très éloignés l'un de l'autre émettent un signal au même instant. Un homme au sol, exactement à mi-chemin des deux tours, voit les deux feux simultanément. Mais, pour un observateur placé dans le dirigeable, progressant en direction du phare de gauche, les deux feux ne seraient pas simultanés. Pour lui, le feu de la tour la plus proche apparaîtrait une fraction de seconde avant l'autre parce qu'il a moins de distance à parcourir.



Ci-dessus, la première image d'une source stellaire de rayons X, transmise de l'observatoire spatial H E A O-2, un satellite orbital de trois tonnes. L'étoile a été baptisée Cygne X-1. Elle fait partie d'un système double dans la constellation du Cygne, à environ 6.000 années lumières. Il semble que ce système contienne un trou noir (voir page 15). Ci-dessous, quatre quasars photographiés par le télescope Hale du Mont Palomar, en Californie. Les quasars (de l'anglais "quasi-stellar radio sources") sont des corps célestes qui émettent des ondes radio ; ils ont été décelés pour la première fois en 1962. Certains émettent aussi des rayons X. Le quasar connu sous l'appellation 3 C-273 (en bas à gauche) est la plus puissante source de rayons X découverte à ce jour.

Photos © I.P.S., Paris



► pour l'essentiel. Si un désaccord venait à apparaître entre la théorie et l'une de ses applications, il devrait être imputé à un phénomène secondaire propre à cette application et qui n'aurait pas été convenablement pris en compte, et non à une défaillance des principes généraux de la théorie.

Lorsqu'Einstein travaillait à l'élaboration de sa théorie de la gravitation, il ne cherchait pas à rendre compte de résultats d'observations. Loin de là. Sa méthode consistait exclusivement à rechercher une théorie harmonieuse, d'un type tel que la nature aurait pu la choisir. Son seul principe directeur était que sa théorie eût la beauté et l'élégance que l'on est en droit d'attendre d'une description fondamentale de la nature. Son travail reposait entièrement sur l'idée de ce que la nature doit être, et non sur la nécessité de prendre en compte certains résultats expérimentaux.

Il faut évidemment un réel génie pour imaginer ce à quoi la nature doit ressembler, à partir de la seule réflexion abstraite. Einstein en était capable.

L'idée lui vint de relier la gravitation à la courbure de l'espace et il parvint à mettre sur pied un schéma mathématique incorporant cette idée. Il ne prit pour ligne directrice que la seule beauté des équations.

De cette méthode de travail est née une théorie à laquelle ses idées de base confè-



# Science et subjectivité le cas Einstein

Copyright © Pierre Thuillier, 1979.  
Reproduction interdite.

par Pierre Thuillier

**L**a science, considérée comme un ensemble accompli de connaissances, est la production humaine la plus impersonnelle ; mais, considérée comme un projet qui se réalise progressivement, elle est tout aussi subjective et psychologiquement conditionnée que n'importe quelle autre entreprise humaine".

Une telle déclaration d'Einstein surprendra peut-être les défenseurs d'un certain rationalisme positiviste. Mais elle constitue une sorte d'invitation à scruter la genèse "subjective" des idées relativistes.

Qu'il n'y ait pas de malentendu. La "relativité restreinte" et la "relativité générale" sont des théories *scientifiques* : on ne peut en comprendre la nature et en évaluer l'importance qu'en tenant compte de l'état des sciences physiques au début du XIX<sup>e</sup> siècle. Si on ne s'intéresse qu'au "progrès" des connaissances en tant que telles, on peut même se sentir en droit de négliger (ou de condamner comme trop anecdotiques) toutes les contributions psychologiques ou sociologiques à l'histoire des sciences. Toujours est-il qu'Einstein lui-même s'est constamment soucie d'analyser le fonctionnement de sa propre pensée ; la genèse de ses idées, les influences qu'il avait subies.

Prenons toutefois au sérieux l'objection qui vient d'être évoquée : la science est essentiellement "objective", ou du moins n'a de prix que dans la mesure où elle est "objective" : pourquoi donc donner délibérément une place importante à la "subjectivité" du scientifique, s'appelât-il Einstein ? En d'autres termes, il serait inutile et même dangereux de confondre l'art et la science. Les artistes, eux, ne cherchent pas à décrire la réalité "telle qu'elle est" : ils l'interprètent, la reconstruisent selon les exigences de leur sensibilité et de leur imagination. Mais les scientifiques, nous laisse-t-on entendre, procéderaient tout autrement : ils imposeraient silence à leur "subjectivité", ils n'écouteraient que la "voix des faits". Ainsi, s'appuyant sur une méthode rigoureuse, ils réussiraient à établir des "lois de la nature" tout à fait exactes.

Cette façon de voir a toutes les apparences du gros bon sens. Elle risque cependant de dissimuler les difficultés inhérentes à la notion d'objectivité. Nul ne songe à le nier : les énoncés scientifiques doivent en principe se prêter à des tests expérimentaux. Mais, même quand le "verdict de l'expérience" est favorable, peut-on dire que l'"objectivité" de la théorie est établie ?

En fait, on a seulement confirmé la valeur (ou la validité) de celle-ci. Au sens strict, une expérimentation positive ne prouve pas que les énoncés testés sont absolument "vrais". Car une autre théorie se révélera peut-être aussi bonne, ou même meilleure. En d'autres termes, on n'est jamais sûr d'avoir une connaissance complète et définitive des "objets" étudiés. Les expériences peuvent montrer

que, *dans certaines conditions et dans certaines limites*, une théorie donnée rend bien compte des phénomènes. Mais elles ne prouvent pas que cette connaissance est absolue, parfaitement vraie.

Les exemples abondent. Ainsi, pendant longtemps, on a cru que la mécanique de Newton décrivait la réalité de façon rigoureusement exacte ("objective"). Or la théorie de la relativité a précisément remis en question cette idée. La science, admettons-le, vise à donner une description (ou une explication) objective des phénomènes. Mais il serait abusif d'affirmer que les théories scientifiques, telles qu'elles existent concrètement, sont des constructions intégralement objectives, c'est-à-dire exemptes d'éléments plus ou moins "subjectifs". C'est d'ailleurs pour cette raison que les théories se renouvellent continuellement.

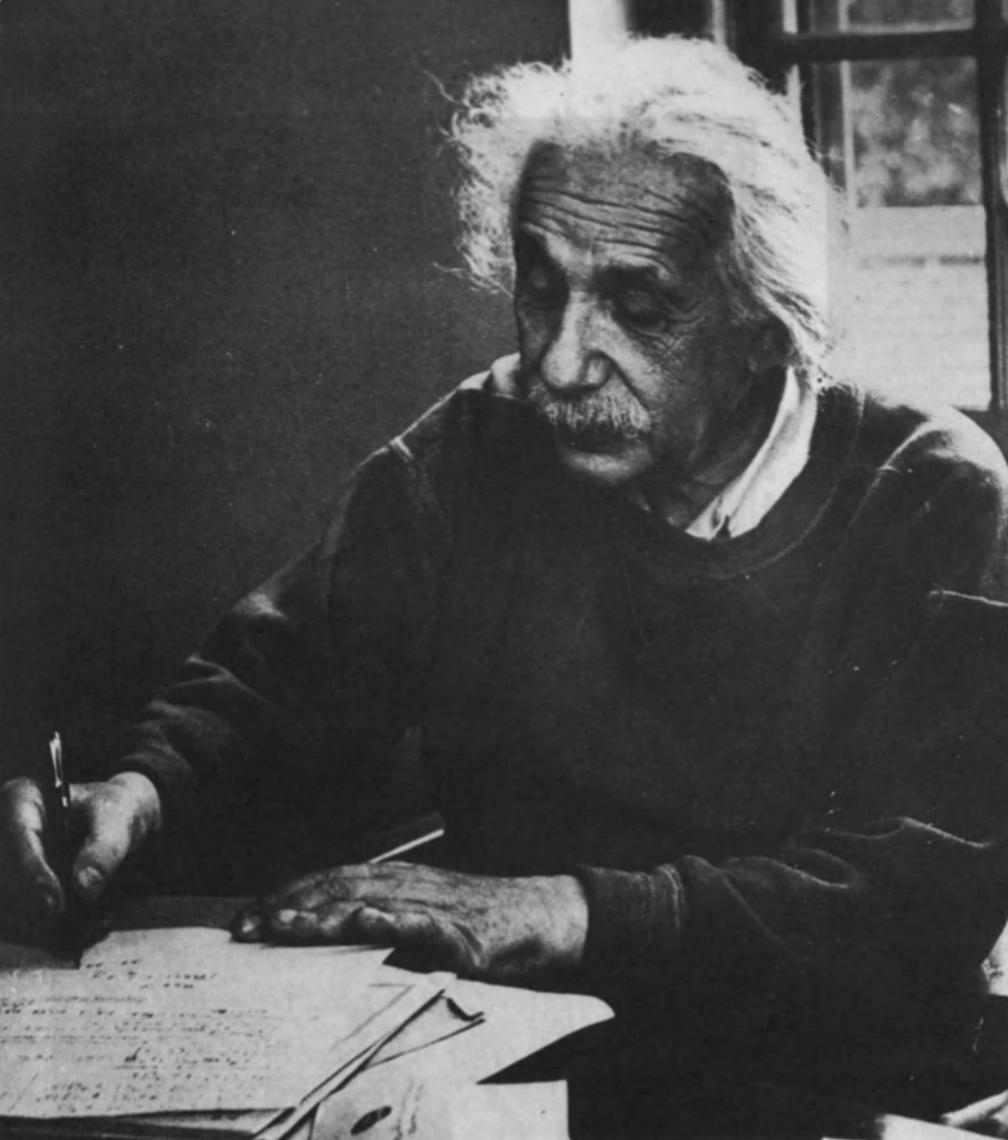
La façon d'aborder le problème de la subjectivité dans les sciences dépend donc étroitement des solutions qu'on donne à certaines questions proprement épistémologiques (c'est-à-dire à des questions concernant la nature et la valeur du savoir scientifique). Einstein lui-même en était bien conscient, comme en témoignent ses analyses concernant les rapports entre les "faits" et les "théories". Newton, constate-t-il, croyait que "les concepts fondamentaux et les lois de son système pouvaient être dérivés de l'expérience". Mais c'est inexact. Contrairement à ce que pensent certains empiristes, "toute tentative pour déduire logiquement les concepts et postulats fondamentaux à partir d'expériences élémentaires est vouée à l'échec". En fait, les fondements de la physique théorique doivent être "librement inventés". Ce qui signifie que les physiciens, pour élaborer leur science, n'enregistrent pas passivement les données sensorielles, mais construisent un cadre théorique à l'aide de principes et de concepts choisis par eux. Et Einstein le dit et le répète : librement choisis.

Une telle conception peut être appelée constructiviste. Non seulement elle tolère l'intervention de la "subjectivité" des théoriciens, mais elle admet qu'une telle intervention est pratiquement inévitable et tout à fait légitime. Certes, il existe des théories qui sont meilleures que d'autres. Mais, remarque Einstein, "il n'y a pas de pont logique entre les phénomènes et les principes destinés à les expliquer". Posons alors la question : si ces principes ne sont pas tirés des phénomènes, d'où viennent-ils ?

L'opinion d'Einstein peut se résumer ainsi : bien que le scientifique aspire à donner une image "rationnelle" du monde, il n'a pas accès à une Raison unique et absolue qui lui livrerait, de façon purement logique, les concepts et principes dont il a besoin. C'est en recourant à leurs propres ressources et à leurs propres expériences (au sens le plus large du mot), que les hommes essaient de former des outils intellectuels plus ou moins adéquats à "la réalité". La genèse des théories scientifiques ne relève donc pas seulement de la logique et de l'épistémologie, mais de la psychologie, de la sociologie, de l'anthropologie culturelle. Les sociétés dites avancées diffusent une image de la science qui met surtout en relief ses aspects rigoureux, logiques, "objectifs". Mais Einstein, par ses déclarations aussi bien que par son activité scientifique elle-même, nous donne une belle occasion de mieux percevoir le verso de cette image — avec tout ce qu'il comporte d'émotions, d'élans imaginatifs, de convictions philosophiques, voire de passion "mystique"...

---

**PIERRE THUILLIER**, agrégé des lettres et agrégé de philosophie, enseigne l'histoire des sciences à l'Université Lille III et à l'Université Paris VII. Il fait partie de l'équipe rédactionnelle de *La Recherche*, revue française d'information scientifique. Il s'intéresse non seulement aux problèmes d'épistémologie, mais à tout ce qui concerne les rapports entre science et société. Il a publié *Jeux et enjeux de la science, essais d'épistémologie critique*, Paris, éditions Robert Laffont, 1972.



Einstein à son bureau de l'université de Princeton en 1948. On lui demanda un jour où était son laboratoire ; il sortit son stylo de sa poche et dit : "Le voici".

Photo © Parimage, Paris

Comme on sait, Einstein et Michele Besso furent unis par une longue amitié. La sœur de ce dernier, un jour, interrogea Einstein : "Pourquoi Michele n'a-t-il pas fait de découverte importante en mathématiques ?" Einstein répondit en riant : "Mais c'est un très bon signe. Michele est un humaniste, un esprit universel, trop intéressé à trop de choses pour devenir un monomane. Seul un monomane obtient ce qu'on appelle des 'résultats'." Besso ayant poussé Einstein à s'expliquer, celui-ci confirma : "Je persiste à croire que tu aurais pu faire éclore des idées de valeur dans le domaine scientifique si tu avais été assez monomane. Un papillon n'est pas une taupe, mais aucun papillon ne doit le regretter".

On aimerait donc savoir : en quoi Einstein lui-même a-t-il été une "taupe", un "monomane" ? Quelle est l'obsession qui a pu, plus ou moins directement, engendrer la relativité restreinte et la relativité générale ? Einstein suggère cette réponse : le véritable homme de science est tout imprégné d'un "sentiment religieux cosmique". Il s'agit, selon lui, du troisième degré de la vie religieuse, les deux premiers étant respectivement la religion-crainte et la religion-morale. "Je soutiens (...) que la religiosité cosmique est le ressort le plus fort et le plus noble de la recherche scientifique. Seul celui qui peut mesurer les efforts énormes et, surtout, le dévouement sans lequel les créations scientifiques ouvrant de nouvelles voies ne pourraient être réalisées est en état d'apprécier la force du sentiment qui, seul, a pu donner naissance à un tel travail détaché de la vie pratique immédiate. (...) C'est le sentiment religieux cosmique qui donne à un homme de telles forces". Sur ce point, Einstein a donc une opinion très différente de celle des positivistes : "A notre époque matérialiste, les travailleurs scientifiques sérieux sont les seuls hommes qui soient profondément religieux". De tels propos, chez Einstein, sont monnaie courante. Parfois, on a même l'impression qu'il pousse son idée jusqu'à l'exagération : "Je ne peux pas concevoir un scientifique authentique qui n'aurait pas une foi profonde. La situation peut se résumer en une image : la science sans la religion est boîteuse, la religion sans la science est aveugle".

Quelques remarques sur cette religion einsteinienne ne sont peut-être pas inutiles. Tout d'abord elle n'a rien à voir avec les reli-

gions qui admettaient l'existence d'un Dieu personnel, distributeur de châtiments et de récompenses. Une telle doctrine est impure, estime Einstein, et les religions devraient l'abandonner complètement. Certes, l'idée d'un Dieu personnel est impure, estime Einstein, et les religions devraient l'abandonner complètement. Certes, l'idée d'un Dieu personnel suscite des espoirs et des craintes ; elle donne donc aux prêtres "un vaste pouvoir" sur les esprits. Mais elle ne peut, à la longue, que causer "un dommage incalculable au progrès humain". Einstein préfère donc se qualifier de panthéiste. Etre religieux, c'est essayer modestement de mieux comprendre l'ordre du monde.

Ainsi Einstein associe à peu près systématiquement l'idée de "religion" à l'idée que le monde est intelligible et rationnel. Plus exactement, le scientifique doit croire que le monde est ainsi. S'il a le courage de se vouer à l'étude de la nature, c'est précisément parce qu'il a la conviction que cette dernière est construite selon des lois harmonieuses. D'après Einstein, cela signifie entre autres choses que partout règne une stricte causalité. Le véritable scientifique croit "que la loi causale régit tous les événements". On comprend bien, dès lors, qu'il ne puisse admettre un Dieu personnel, c'est-à-dire un être qui intervient dans le cours des événements".

A sa façon, Einstein est très lucide. Au lieu de donner la causalité comme une évidence absolue, il en fait l'objet d'une croyance "religieuse", d'un engagement personnel. Ce qui ne l'empêchait évidemment pas, dans la pratique, de se servir du principe de causalité comme d'un critère décisif pour apprécier la valeur des théories scientifiques.

Ainsi il ne voulut jamais reconnaître la légitimité de la mécanique quantique. Car "Dieu ne joue pas aux dés". Par cette formule maintes fois répétée, Einstein affirmait sa foi en une rigoureuse détermination des phénomènes naturels. Il ne pouvait pas accepter "la toquade statistique" telle qu'elle se manifestait dans les spéculations des Bohr, des Born, des Heisenberg et des Pauli. Le grand défaut de la théorie des quanta, à ses yeux, c'est qu'elle ne donne



Photo © Alman, Florence

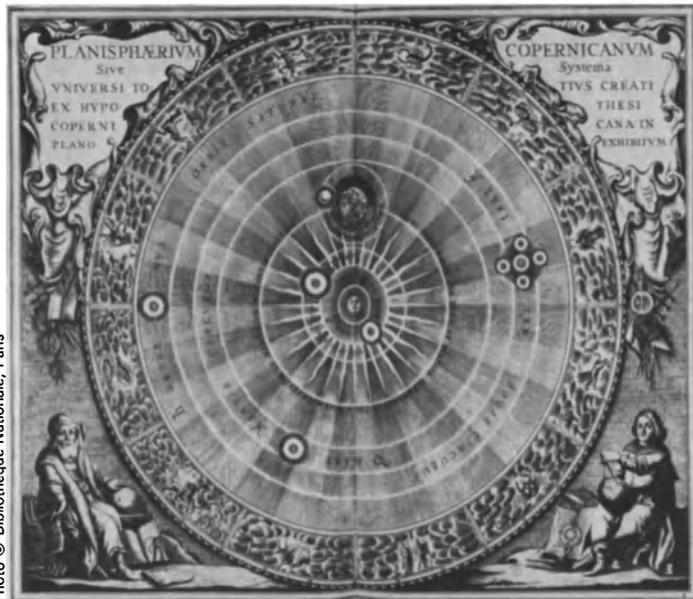


Photo © Bibliothèque Nationale, Paris

3



Tiré de Harmonia macrocosmica d'Andreas Cellarius, Amsterdam, 1661



Photo John Freeman Group © British Museum, Londres

4

## Deux mille ans d'explication du monde

Dans l'histoire de la pensée occidentale, l'œuvre d'Empédocle (490-430 av. J.C.) représente la première tentative de la raison pour expliquer l'univers à partir de ses principes constituants, sans recourir à l'intervention de puissances divines ou surnaturelles. Héritier de Parménide, Empédocle est de la race des poètes-philosophes. Dans l'univers qu'il imagine, limité, sphérique, il n'y a pas de vide : partout on retrouve immortels et vivants quatre éléments, le Feu, l'Air, la Terre et l'Eau dont les combinaisons rendent compte de l'apparence et des divers états de la matière. Ainsi Empédocle décrit-il la naissance du monde en son unité et sa diversité. Ces principes d'explication de la nature aussitôt repris par les Pythagoriciens qui y ajoutèrent leurs conceptions géométriques et mathématiques, ont fait l'objet au 4<sup>e</sup> siècle de l'enseignement de Platon dans le *Timée*.

Avec Ptolémée s'impose la mystique des cercles et des sphères qui va gouverner la pensée occidentale et sa cosmologie pendant

plus de mille ans. Pas plus que les astronomes babyloniens dont ils avaient recueilli les observations millénaires, les Grecs ne doutaient que la Terre fut le centre du monde. Vers 150 av. J.C., Hipparque, illustre astronome, avait découvert la précession des équinoxes. L'ensemble de ses travaux sera repris par Claude Ptolémée (env. 90-168 ap. J.C.), brillant mathématicien, géographe et astronome de l'école d'Alexandrie. Les Arabes ont donné le nom d'*Almageste* au principal traité qu'il nous a laissé. On y trouve développée la découverte — effectuée par Hipparque — de l'excentricité des trajectoires apparentes du soleil et de la lune par rapport à la terre. De la fin de l'âge grec jusqu'à celle du Moyen-Age le système planétaire montrera la Terre posée par Dieu au centre du monde, immuable sous la courbe parfaite de la voûte céleste.

Au 15<sup>e</sup> siècle, le Polonais Nicolas Copernic (1473-1543), médecin, juriste et astronome, voulut perfectionner le système de Ptolémée. Ses calculs et ses réflexions devaient le conduire à une vision du

pas une description complète de la réalité ; des "probabilités" ne peuvent pas être le dernier mot du savoir. Sur ce point, la correspondance Einstein-Born est éloquent : jamais Born n'a pu ébranler la "religion cosmique" d'Einstein... Celui-ci trouvait scandaleux qu'un corpuscule puisse ne pas avoir un comportement totalement prévisible.

Mais la croyance à la causalité universelle est assez banale : elle n'aurait pas suffi à "inspirer" la théorie de la relativité. Il est très remarquable, en revanche, qu'Einstein ait souvent défini sa position "religieuse" en opposant à la "sublimité" et à "l'ordre merveilleux" de la nature "l'inanité des désirs et des objectifs humains". L'existence individuelle est "une sorte de prison". Le désir de connaître a donc une signification tout à fait fondamentale : l'homme, en tant qu'individu, n'est pas grand-chose, mais il a la possibilité de contempler et de comprendre l'ordre universel. Par la connaissance, "l'individu désire éprouver l'univers comme une unité ayant une signification". Un homme religieux est un homme qui, dans la mesure de ses moyens, "s'est libéré des entraves que constituent ses désirs égoïstes, et qui s'est tourné vers des pensées, des sentiments et des aspirations ayant une valeur suprapersonnelle". Dans ses Notes autobiographiques, Einstein reprend ce thème : il faut "se libérer des chaînes du 'purement personnel'" et s'efforcer de découvrir un "monde extrapersonnel" qui constituera un nouveau paradis. Ainsi est posée l'existence d'un "monde réel", indépendant de nous, dont la contemplation a (ou aura) une action libératrice.

Le réalisme épistémologique d'Einstein, on le voit, s'enracine directement et profondément dans sa "subjectivité". Et nous voici en mesure d'avancer une hypothèse cruciale : si Einstein a élaboré la relativité restreinte et la relativité générale, c'est précisément pour jouir d'un monde plus réel et plus satisfaisant que le pauvre monde où nous vivons au jour le jour.

Quel est, en effet, le contenu essentiel du "principe de la relativité" ? Il suffit de lire les textes d'Einstein pour constater que ce principe, malgré son nom, exprime le désir de trouver des "lois de la nature" dont la forme demeure identique quel que soit le système de référence adopté. Sous sa forme restreinte, il ne s'applique qu'aux systèmes galiléens, c'est-à-dire aux systèmes où est valable "la loi fondamentale connue sous le nom de loi d'inertie : un corps suffisamment éloigné d'autres corps persiste dans son état de repos ou de mouvement rectiligne et uniforme". Sous sa forme générale, le principe de relativité peut s'énoncer ainsi : "Tous les systèmes de référence, quel que soit leur état de mouvement, sont équivalents pour la formulation des lois générales de la nature."

En termes plus simples, disons que le principe de relativité traduit la volonté de trouver une image du monde qui soit indépendante de la situation des divers observateurs. Aussi, depuis longtemps, divers auteurs ont-ils été frappés par le fait qu'un tel "postulat" reflète très fidèlement les idées personnelles d'Einstein que nous avons évoquées un peu plus haut. Tout se passe comme si la physique relativiste était, dans un domaine particulier, la réalisation d'un programme plus général : construire un monde "suprapersonnel", un monde situé au-delà de nos sensations et de nos perceptions mais doué d'une réalité supérieure.

Les adversaires de la nouvelle théorie ne s'y sont pas trompés ; ils ont clairement perçu que les spéculations relativistes n'étaient pas, à beaucoup près, fondées sur la pure et simple "objectivité". Ainsi Christian Cornelissen, dans un petit livre publié à Paris en 1923, déplorait les hallucinations d'Einstein. Il regrettait que ce dernier ait développé certaines idées "jusqu'à l'absurde" et se soit "laissé égarer dans les sphères de la Métaphysique". D'une certaine façon, il n'avait pas tort ! Pour oser formuler de telles théories, il fallait avoir (on tend maintenant à l'oublier) une extraordinaire confiance en divers présupposés qui n'étaient aucunement évidents.

Dans l'article de 1905 où il jetait les bases de la théorie de la relativité, Einstein faisait preuve d'originalité. Mais cette originalité ne résidait pas tant dans la nouveauté des idées utilisées que dans la manière de les mettre en œuvre.

Ainsi le mathématicien français Poincaré avait perçu nettement les nouveaux usages qu'on pouvait faire du "principe de relativité". Le physicien hollandais Lorentz, quant à lui, avait déjà mis au point la "transformation" qui porte son nom — et dont Einstein reprenait le formalisme. A tel point que l'Anglais Edmund Whittaker, dont "l'Histoire des théories de l'éther et de l'électricité" fait autorité, a pu attribuer à Poincaré et à Lorentz la théorie de la relativité. Ce qui scandalisait Max Born. Effectivement, loin d'en être les véritables pères, ni Poincaré ni Lorentz n'ont jamais vraiment accepté cette théorie. L'erreur de Whittaker est à la fois psychologique et épistémologique : il a sous-estimé le courage intellectuel d'Einstein — ce qu'on pourrait appeler son radicalisme philosophico-scientifique.

Car Poincaré comprenait sans doute le "principe de relativité" aussi bien qu'Einstein. Mais il le considérait seulement comme "une convention suggérée par l'expérience". Les physiciens, ajoutait-il, pouvaient fort bien s'en passer. En d'autres termes, Poincaré hésitait à bouleverser la théorie classique. Cette sorte de timidité est tout à fait étrangère à Einstein. Il n'y va pas, lui, par quatre chemins : pour reconstruire entièrement l'édifice théorique, il décide que le "principe de relativité" est un présupposé fondamental. Au moins de façon provisoire, on ne doit pas le remettre en question. Toute la différence est là : Poincaré adoptait une stratégie conservatrice, tandis qu'Einstein décidait carrément de frayer une voie nouvelle. D'où l'importance d'être "monomaniacal". Car, pour inventer la théorie de la relativité, il ne suffisait pas d'être intelligent ; il fallait aussi être assez "fou" pour choisir de nouvelles bases malgré leur caractère paradoxal.

L'audace d'Einstein, dans son fameux article de 1905 consistait à admettre d'emblée deux principes fondamentaux : le principe de relativité (dont il vient d'être question) et le principe posant la constance de la vitesse de la lumière. C'était d'autant plus hardi que, selon Einstein lui-même, ces deux principes étaient apparemment incompatibles. Ce qui soulève en autres cette question : comment Einstein a-t-il eu l'idée d'affirmer la constance de la vitesse de la lumière ?

Plusieurs physiciens et philosophes ont cru qu'Einstein avait été conduit à cette idée par les expériences de Michelson (1881) et de Michelson-Morley (1887). A cette époque, il était en effet couram-

---

monde radicalement différente. A Frauenburg (Prusse orientale) où il vivait, Copernic ne disposait pas de lunette astronomique, et le ciel paraît-il ne se prêtait pas tellement aux observations ; il était donc naturel qu'il fit porter son effort sur la logique. Dans le système de Ptolémée, certains phénomènes restaient inexplicables, ainsi le déplacement rétrograde de certaines planètes. Copernic osa se demander si le mouvement ne devait pas être attribué à la Terre plutôt qu'à l'Univers qui la contenait : "Tous les mouvements visibles du soleil et des planètes, écrit-il, ne sont pas ainsi en eux-mêmes, mais seulement vus de la terre."

Le livre où Copernic a consigné sa théorie du mouvement de la Terre et des planètes ne devait être publié qu'en 1543, l'année de sa mort. Il fut aussitôt vivement critiqué et bientôt mis à l'index. Deux savants italiens, Giordano Bruno et Galilée payèrent fort cher pour avoir voulu suivre la voie ouverte par Copernic. Les observations du Danois Tycho Brahé et les travaux mathématiques de son collaborateur tchèque Kepler donnèrent une suite rigoureuse à la découverte de Copernic. Mais il fallut plusieurs générations pour que s'opérât dans les esprits la "révolution copernicienne".

Avec Isaac Newton (1642-1727), la recherche était prête pour les grandes découvertes scientifiques. Lorsqu'il eut inventé le calcul infinitésimal et découvert les lois fondamentales de la mécanique, puis celle de la gravitation, il put mettre au point un modèle de l'univers qui régit la pensée scientifique jusqu'à Einstein.

C'est dans cette lignée de découvreurs de génie que se situe Albert Einstein. A son tour, il a révolutionné la conception que ses contemporains se faisaient de l'univers.

*Photo 1 : Empédocle scrutant l'Univers, œuvre de Luca Signorelli, peintre italien de la seconde moitié du 15<sup>e</sup> siècle.*

*Photo 2 : Le soleil, la lune et les planètes tournant autour de la Terre dans le système de Ptolémée. Gravure baroque de Cellarius (1661).*

*Photo 3 : Le système de Copernic, une nouvelle conception astronomique de l'univers.*

*Photo 4 : Gravure satirique de l'époque de Newton, tournant en dérision la théorie de la gravitation : la gravitation absolue vous met sens dessus-dessous, et la légèreté absolue, c'est la folie pure.*

ment admis que la lumière se déplaçait dans un milieu absolument immobile, l'éther ; et qu'il devait être possible de mettre en évidence le mouvement de la terre par rapport à cet éther. Le détail des expériences de Michelson importe peu ici. Disons seulement qu'il opérait sur des rayons de lumière et qu'il voulait précisément montrer l'influence exercée sur eux par le "vent d'éther". Mais cette espérance fut déçue : impossible de détecter le mystérieux éther... Selon l'interprétation empiriste, c'est ce fait expérimental qui aurait inspiré Einstein : grâce à une vaste généralisation, il aurait établi que la lumière voyageait toujours à la même vitesse (et échappait donc à certaines lois bien connues de la physique classique).

Cette façon de voir est très contestable. Il est clair, tout d'abord, que l'expérience de Michelson pouvait être interprétée de plusieurs façons. Ainsi le Hollandais Lorentz, suivant en cela une suggestion de l'Irlandais Fitzgerald, proposa une explication originale : le "vent d'éther" exerçait sur la matière une certaine contraction, ce qui empêchait de constater les effets lumineux attendus. Cela prouve que la solution avancée par Einstein (principe de la constance de la vitesse de la lumière) n'était pas strictement imposée par "les faits".

Mieux encore, on sait maintenant que l'expérience de Michelson n'a pas joué un rôle déterminant dans la démarche d'Einstein : "Je ne sais pas de façon sûre quand j'ai entendu parler pour la première fois de l'expérience de Michelson. Je n'avais pas conscience qu'elle m'ait directement influencé". A plusieurs reprises il a confirmé ce point : "Dans mon combat personnel, l'expérience de Michelson n'a joué aucun rôle, ou du moins aucun rôle décisif". On peut supposer, en revanche, que certaines exigences "subjectives" sont intervenues.

Dans ses Notes autobiographiques, Einstein explique qu'il a réfléchi pendant dix ans à un paradoxe qu'il avait repéré dès l'âge de seize ans. Il s'agissait d'une sorte d'expérience imaginaire dans laquelle il se posait cette question : qu'arriverait-il si je poursuivais un rayon de lumière en ayant moi-même une vitesse égale à celle de la lumière ? Il suggérait cette réponse : "J'observerais ce faisceau comme un champ électromagnétique oscillatoire au repos". Mais, pour plusieurs raisons, cela lui paraissait impossible ; et il en résultait un problème, un paradoxe à ses yeux passionnant. "On voit, ajoute Einstein, que le germe de la théorie de la relativité restreinte est déjà contenu dans ce paradoxe". Ceci revient à dire que, mentalement, Einstein était depuis longtemps préparé à manier certains problèmes fondamentaux, à faire fonctionner certains concepts. Naturellement, il était au courant de divers résultats expérimentaux. De façon générale, il pensait que la physique doit s'élaborer au contact de l'expérience et être confirmée par elle autant que faire se peut. Mais la théorie de la relativité n'a pas été conçue pour résoudre les difficultés soulevées par une expérience particulière. Elle était le fruit d'une maturation beaucoup plus générale et beaucoup plus théorique.

Un autre problème a été à l'origine de la relativité restreinte, à savoir le manque de symétrie d'action entre conducteurs électriques et aimants. En effet, si on utilise la théorie de Maxwell, on doit recourir à deux interprétations différentes pour expliquer ce qui se passe : 1) lorsqu'on déplace un conducteur par rapport à un

aimant au repos, 2) lorsqu'on déplace le même aimant par rapport à un conducteur au repos. Pour Einstein, il y avait là une sorte de scandale. Dans un manuscrit non publié, il a écrit que cette dissymétrie lui était "insupportable". Pourtant, notons-le, la théorie de Maxwell rend bien compte des résultats expérimentaux. Mais Einstein est guidé par une conviction esthétique : puisque dans la réalité seul compte le déplacement relatif de l'aimant et du conducteur, il faut que la théorie soit elle aussi symétrique.

Ceci nous ramène encore une fois à la "subjectivité" d'Einstein, à son besoin de trouver (et en tout cas de postuler) un ordre harmonieux dans l'univers. A plusieurs reprises, il a recouru à des considérations esthétiques pour élaborer ses conceptions théoriques. Car telle est la "religion cosmique" : elle exige qu'on explique le plus grand nombre possible de phénomènes aussi élégamment que possible, c'est-à-dire à l'aide du plus petit nombre possible d'énoncés fondamentaux. Le "rationalisme" d'Einstein a donc des racines extrêmement profondes ; il est nourri et guidé par des idées, des images et des émotions toutes personnelles.

Lors d'une enquête sur l'invention en mathématiques, Jacques Hadamard interrogea Einstein et reçut cette réponse : "Les mots et le langage, écrits ou parlés, ne semblent pas jouer le moindre rôle dans le mécanisme de ma pensée. Les entités psychiques qui servent d'éléments à la pensée sont certains signes ou des images plus ou moins claires, qui peuvent "à volonté" être reproduits et combinés. Il existe naturellement une certaine relation entre ces éléments et les concepts logiques en jeu." Dans ses Notes autobiographiques, Einstein est revenu sur le sujet : "Pour moi, il n'est pas douteux que notre pensée fonctionne pour la plus grande part sans se servir des signes (mots) et, en outre, de façon largement inconsciente."

De telles notations vont plus loin qu'il ne paraît. Il se pourrait en effet que l'utilisation d'une "pensée en images" ait puissamment aidé Einstein à penser de façon originale les concepts de temps et d'espace. Ce texte a au moins le mérite d'aborder la question sans détours : "Je me demande parfois comment il se fait que j'aie été le seul à développer la théorie de la relativité ? La raison, je pense, en est qu'un adulte normal ne se tracasse pas à propos des problèmes posés par l'espace et le temps. Tout ce qu'il faut savoir là-dessus, estime-t-il, il le sait depuis sa prime enfance. Moi, au contraire, je me suis développé si lentement que j'ai seulement commencé à me poser des questions sur l'espace et le temps quand j'avais grandi. En conséquence, j'ai pu pénétrer plus profondément au cœur du problème qu'un enfant, normalement développé ne l'aurait fait." En d'autres termes, il est heureux que le petit Albert Einstein ait éprouvé, comme le confirment ses biographes, des difficultés à parler...

Au fond, qu'exprimait le refus de parler du bébé Einstein, sinon une résistance à certains schémas cognitifs imposés par la société ? Une éducation "réussie", c'est une éducation qui fait accepter comme naturels un certain nombre de concepts et d'interprétations concernant "la réalité". C'est donc aussi, par définition, une éducation qui rend conformistes ceux qui la subissent ; et qui les prive de la possibilité de remettre en question les



Zurich au début du siècle, lorsqu'Albert Einstein y était professeur.

Photo © Archives de la ville de Zurich

présupposés, généralement implicites, sur lesquels reposent les "connaissances" ainsi transmises. Cette idée était d'ailleurs chère à Einstein : certaines difficultés présentées par un système cognitif ne peuvent être résolues que si on perçoit d'abord les fondements plus ou moins arbitraires et plus ou moins inconscients de ce même système. Un esprit trop bien socialisé, trop bien passé au moule, ne peut pas avoir le détachement nécessaire. La démarche critique qui a engendré la théorie de la relativité n'a donc été possible que grâce à une réelle autonomie intellectuelle. De ce point de vue, il est important de souligner qu'Einstein avait pris du recul par rapport aux idées généralement admises. Selon ses propres termes, il en était arrivé à "une libre pensée positivement fanatique", se traduisant par "une suspicion à l'égard de toutes les formes d'autorité et une attitude sceptique envers les convictions régnant dans n'importe quel contexte social."

Divers historiens ont d'ailleurs noté qu'Einstein, dans ses jeunes années, a vécu dans un milieu qui n'encourageait pas le conformisme intellectuel. C'est en effet à l'École polytechnique de Zurich qu'il a fait ses études supérieures ; et c'est au bureau des brevets de Berne qu'il travaillait lorsqu'il a écrit son article de 1905 sur la relativité. Or, à cette époque, la Suisse "accueillait une foule cosmopolite d'étudiants, de révolutionnaires émigrés et de jeunes gens qui avaient fui l'oppression nationale ou sociale qui régnait dans leur pays." Zurich, autour de 1900, était "un immense club permanent."

Citons quelques noms significatifs : Rosa Luxemburg, Georges Plekhanov, Mussolini, Karl Radek, Lénine. Les discussions étaient aussi nombreuses que chaudes ; il n'était pas seulement question de politique, mais d'épistémologie et de psychanalyse. Rappelons-nous d'autre part qu'Einstein se décrivait volontiers comme un "hérétique". Ces détails aident à comprendre la hardiesse théorique qui lui a permis d'avancer des idées si nouvelles.

Pour terminer, évoquons le problème posé par l'expression maintenant devenue usuelle : théorie de la relativité. Peu de désignations ont engendré autant de contre-sens — comme si cette "relativité" avait quelque chose à voir avec le relativisme, avec le subjectivisme. En fait il vaudrait mieux parler comme le suggérait Minkowski, du "postulat du monde absolu". Ce serait moins trompeur. Certes, d'après la théorie d'Einstein, nos mesures de l'espace sont relatives, aussi bien que nos mesures du temps. Ce qui signifie qu'elles dépendent de la position de l'observateur ; et qu'il n'y a aucun observateur privilégié. Mais le fameux "espace-temps" est en lui-même quelque chose d'absolu : il exprime sous forme théorique l'existence d'une "réalité" qui n'est pas directement accessible, mais par rapport à laquelle toutes les observations individuelles ("locales") prennent une signification précise.

L'expression de "théorie de la relativité" n'apparaît d'ailleurs pas dans les titres des travaux d'Einstein antérieurs à 1911. Il préférerait parler de "théorie des invariants", et, en 1928, il a indiqué que le principe de la relativité serait plus justement nommé "principe de covariance" (c'est-à-dire principe exigeant que les équations fondamentales gardent la même forme dans tous les systèmes de référence). Pourquoi donc a-t-il finalement accepté une désignation pour le moins trompeuse ? Sans doute faut-il évoquer des facteurs psychosociologiques, là encore. Parler de "relativité", c'était rappeler que les absolus newtoniens étaient morts : il n'y a pas d'espace absolu, il n'y a pas de simultanéité absolue. C'était donc souligner la mutation opérée par Einstein, mutation que beaucoup de scientifiques et de profanes jugeaient "révolutionnaire". Le mot *relativité* correspondait bien à l'esprit du temps — et plus précisément à l'esprit "rebelle" et "créateur" qui soufflait à Zurich et à Berne.

Pierre Thuillier

# Les frontières de la science

par Arkadii B. Migdal

**P**EUT-ON reconstituer l'itinéraire long et tortueux par lequel une simple idée devient une vérité scientifique bien établie ? Comment une hypothèse engendre-t-elle une loi physique à l'énoncé rigoureux ? Quelle différence y a-t-il entre l'approche scientifique d'un phénomène et celle du sens commun ?

La première étape de toute démarche scientifique, c'est de délimiter, d'une part, le domaine des vérités scientifiques établies de manière indiscutable et, d'autre part, le

**ARKADII B. MIGDAL**, physicien soviétique, est membre de l'Académie des Sciences de l'URSS et Conseiller auprès de l'Institut de physique théorique. Spécialiste de la théorie des particules élémentaires et du noyau atomique, il est l'auteur de plus de 150 publications scientifiques. Son ouvrage *Qualitative Methods in Quantum Theory (Méthodes qualitatives dans la théorie des quanta)* a été publié aux Etats-Unis en 1977 par Benjamin-Cummings Publishing Co., Menlo Park, Californie.

domaine de ce qui est impossible parce que contredisant les données de multiples expériences. Entre ces deux domaines s'étend une zone de phénomènes non encore étudiés mais vraisemblables.

A notre époque les frontières du possible ont été repoussées jusqu'à se confondre avec celles du monde des prodiges. N'est-ce pas un prodige que des êtres humains travaillent plusieurs mois à bord de laboratoires spatiaux ? N'est-il pas étonnant d'assister à un match de hockey qui se déroule à des milliers de kilomètres de chez soi ? Et, bien sûr, c'est merveille que les ordinateurs jouent aux échecs, traduisent et écrivent des vers et, surtout, exécutent en quelques minutes des calculs qui exigeraient le travail d'une génération entière.

Une question vient tout naturellement à l'esprit : la science connaît-elle ses propres limites ? ne peut-il se produire une révolu-

tion scientifique qui bouleversera toutes nos idées ? L'histoire des sciences et de l'épistémologie excluent la possibilité d'un tel bouleversement.

Même les concepts stupéfiants de la théorie de la relativité n'ont pas constitué une mutation radicale : conséquence normale de l'évolution scientifique, leur formulation s'appuyait solidement sur les conquêtes antérieures de la science. Ils n'ont d'ailleurs eu d'incidence que sur un nombre relativement limité de problèmes : rien n'a été changé aux lois préexistantes de la mécanique et de l'électrodynamique des corps se déplaçant à des vitesses normales.

On peut donc dire qu'il y a eu simplement extension de notre savoir au domaine, alors non étudié, des vitesses proches de celle de la lumière. Avant la théorie de la relativité, une hypothèse naturelle était de considérer que les lois de la mécanique et de l'électrodynamique res-

taient valables à des vitesses dépassant celles pour lesquelles elles avaient été établies expérimentalement.

Les doutes ne commencèrent que lorsqu'eurent lieu des expériences contredisant cette hypothèse. Telle est la voie qu'emprunte habituellement le progrès scientifique.

Au début du siècle dernier, la consigne était de n'accorder aucune attention aux ouvrages contenant des descriptions de météores. On considérait comme fantaisistes toutes les descriptions de "pierres célestes" : d'où en effet celles-ci auraient-elles bien pu tomber ? Pareille réaction consistant à nier et à rejeter l'inexplicable est très dangereuse et conduit souvent à des erreurs.

Je pourrais citer bien d'autres exemples d'idées préconçues qui ont freiné le développement de la science. L'illustre inventeur de la théorie de la relativité a lui-même commis une faute de ce genre en tirant d'une idée préconçue une conclusion erronée. Je veux parler d'Einstein et de sa tentative d'établir une cosmologie entièrement nouvelle.

Après avoir mis au point une théorie unissant les lois de la gravitation et les principes de la géométrie, Einstein voulut faire un nouveau pas en avant, d'une audace inouïe. Il applique sa théorie du champ de gravitation à l'univers en remplaçant la distribution réelle des masses dans l'espace par la notion de densité moyenne de matière.

Il s'avéra que dans un tel univers les équations de la gravitation n'admettaient pas de solution statique. Pour parvenir à une solution correspondant à sa description d'un univers fini, dont le rayon de courbure était indépendant du temps, Einstein introduisit artificiellement dans les équations gravitationnelles un élément supplémentaire qui en détruisait l'harmonie.

Vers la même époque, un remarquable mathématicien de Petrograd, Friedman, étudiait différentes possibilités de résoudre les équations d'Einstein sans l'introduction de ce nouvel élément. Il arriva à la conclusion que l'univers se dilate et qu'à côté d'un modèle "fermé" il peut exister, pour certaines valeurs de la densité moyenne de matière, un modèle "ouvert" dans lequel les dimensions du monde croissent indéfiniment. Einstein commença par critiquer le travail de Friedman, mais par la suite se rallia complètement à son point de vue et renonça à introduire un terme supplémentaire dans les équations de la gravitation.

"Ma critique, comme j'ai pu m'en convaincre à la lecture de la lettre de Friedman que m'a communiqué M. Kroutkov, reposait sur une erreur de calcul, je considère que les résultats de Friedman sont exacts et jettent une lumière nouvelle sur la question." Friedman eut connaissance de ce texte peu de temps avant sa mort prématurée en 1925. La solution de Friedman devait recevoir une confirmation expérimentale après que Hubble eut démontré que l'univers est en expansion.

Dans le présent, de nombreux cas d'erreurs scientifiques ont déjà été analysés

et des conclusions méthodologiques ont été tirées dont la plus indiscutable est qu'il faut éviter les positions catégoriques dans les domaines insuffisamment explorés. A l'heure actuelle, les erreurs scientifiques, quand il y en a, ont la vie courte.

La science ne se borne pas à circonscrire le champ du possible : elle opère aussi un tri impitoyable entre les hypothèses même vraisemblables et les propositions démentées. Ce faisant, elle met en évidence les propositions qui exigent un complément de recherche. Certes, notre planète a la possibilité de recevoir la visite d'émissaires d'autres mondes, mais rien n'autorise à affirmer que cela s'est produit.

Ecarter tout ce qui est insolite, voilà bien sûr une tâche fastidieuse. Mais pareille sélection ne fait que mieux ressortir le caractère prodigieux de certains phénomènes bien réels. Ainsi, le "paradoxe des jumeaux". Selon la théorie de la relativité, si l'un des jumeaux effectuait un voyage à bord d'un vaisseau spatial se déplaçant à une vitesse proche de celle de la lumière, il serait à son retour plus jeune que son frère resté pendant ce temps sur la terre. Cette affirmation étonnante ne repose pas seulement sur une démonstration théorique : elle a été vérifiée expérimentalement. Le temps écoulé mesuré au cours d'un vol dans l'espace par une horloge atomique de très haute précision est moindre que celui qu'indique une horloge de caractéristiques identiques n'ayant pas quitté la planète.

Et voici une autre conséquence aussi authentique : on a toujours considéré que la faune ou la flore marines n'existent qu'à faible profondeur, là où pénètrent les rayons du soleil, rendant possible la photosynthèse. Or, tout récemment, on a découvert au fond de l'océan, à plusieurs kilomètres sous l'eau, hors d'atteinte du rayonnement solaire, des zones à température élevée de nature volcanique dans lesquelles, grâce sans doute à des processus de synthèse chimique, subsistaient une faune et une flore spécifiques.

De ces phénomènes on ne dira pas : "Je voudrais bien y croire, mais il n'y a pas de raisons théoriques". Les mots "pas de fondement" signifient que la question a été étudiée et que les hypothèses initiales se sont révélées fausses. Cette formule résume en quelques mots toute la démarche scientifique : on voudrait bien croire à une proposition, mais si elle s'avère dépourvue de fondement, plus question d'y ajouter foi.

Comment naissent les légendes ? la nature de l'homme est ainsi faite qu'il aspire spontanément, non seulement au beau, mais aussi au mystérieux et à l'inhabituel. Comme l'a dit Pouchkine "une illusion qui nous exalte nous est plus chère que les ténèbres des vérités mesquines".

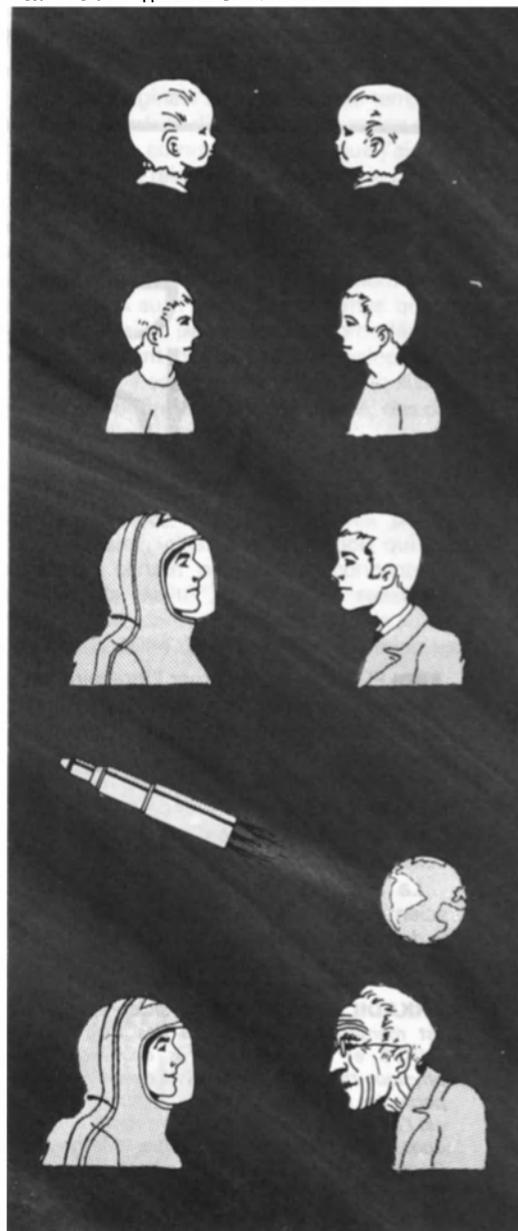
J'ajouterai à ces paroles de Pouchkine la phrase que voici d'Einstein : "l'émotion la plus belle et la plus profonde que l'homme soit capable de ressentir c'est la sensation du mystère." Pour Einstein, le sens du mystère est à la base des tendances fondamentales de l'art et de la science. C'est, hélas, la même aspiration au mystérieux qui est à l'origine de maintes nouvelles anti-scientifiques.

La tâche de la science est de choisir les explications les plus vraisemblables et de s'y tenir jusqu'à ce que l'expérience la contraigne à en trouver d'autres. Cela ne signifie pas qu'il faille interdire la recherche de phénomènes invraisemblables. Comme le disait le physicien américain Feynman : "Un des moyens les plus sûrs de stopper les progrès de la science, c'est de limiter l'expérimentation aux domaines dans lesquels les lois sont déjà découvertes".

Dans le domaine scientifique, l'hypothèse suivante, à la fois simple et convaincante, a été adoptée il y a longtemps : les processus qui s'opèrent dans la nature vivante sont régis, en dernière analyse, par les mêmes lois qui gouvernent les interactions dans les expériences physiques. Jusqu'à maintenant cette hypothèse n'a jamais été infirmée. Mieux encore, elle s'est révélée si féconde qu'elle a permis d'expli-

## Le paradoxe

Dessin Atelier Philippe Gentil © *Courrier de l'Unesco*



quer un phénomène aussi mystérieux que l'hérédité.

Les différentes professions relevant des sciences exactes ont bien des procédés en commun. Il existe, par exemple, des méthodes qui permettent de s'assurer de la fausseté d'une idée avant même d'entreprendre des recherches. Mais l'élément le plus important, sans lequel le succès se dérobe devant les plus hautes qualités professionnelles, est l'aptitude du savant à se réjouir, à s'étonner de chaque succès même minime; de chaque énigme résolue, et de se comporter vis-à-vis de la science avec cette vénération dont parle Einstein dans son credo : "Je me contente de faire, tout ébahi, des conjectures sur ces mystères et je m'efforce avec humilité de me brosser mentalement un tableau, qui est loin d'être complet, de la structure parfaite de l'être".

Arkadii B. Migdal



Photo © I.P.S., Paris

Albert Einstein et Robert Oppenheimer. Nommé en 1943 directeur du Centre de recherches de Los Alamos sur l'énergie atomique, où fut mise au point la première bombe à uranium, Oppenheimer devint en 1947 directeur de l'Institute for Advanced Study de Princeton. "On reproche souvent à Einstein", a-t-il dit "ou on l'en félicite, et on lui en attribue le mérite, d'être à l'origine de ces misérables bombes. A mon avis, on se trompe... Son rôle était de déclencher une révolution intellectuelle, et de découvrir, mieux qu'aucun autre savant de notre époque, la profondeur des erreurs faites auparavant... Einstein lui-même n'est vraiment pas responsable de tout ce qui s'est passé par la suite."

## des jumeaux

La relativité générale, on le sait, affirme que ni le temps ni la distance ne sont des valeurs absolues, mais qu'ils dépendent du mouvement relatif des observateurs et que la seule valeur absolue et constante est la vitesse de la lumière. Ces hypothèses entraînent pour certains événements qui se produiraient à des vitesses très élevées des conclusions fort bizarres. Par exemple, aux yeux d'un spectateur observant un engin spatial s'enlever d'une plateforme de lancement à une vitesse proche de celle de la lumière, l'horloge du tableau de bord (à supposer qu'il puisse la voir) semblerait tourner très lentement. Pour un voyageur à bord de l'engin, ce serait au contraire le temps terrestre qui semblerait ralentir. Cette contradiction apparente a donné naissance à une devinette célèbre sous le nom de "paradoxe des jumeaux". Si le voyageur de l'espace et celui qui reste au sol étaient jumeaux, y aurait-il entre eux une différence d'âge, et laquelle, au retour sur terre du jumeau astronaute ? Einstein a montré qu'en raison de divers effets dus à la relativité, et notamment celui de l'accélération qu'imprimerait aux passagers le retour vers la terre de l'engin spatial, le jumeau astronaute vieillirait moins vite que son frère resté à terre. L'astro-physicien britannique Herbert Dingle tient cette conclusion pour absurde. Si, comme le prétend la théorie de la relativité, il n'y a pas de mouvement absolu, tout mouvement étant relatif à d'autres repères, ne pourrait-on aussi bien dire que l'engin spatial n'a pas bougé et que c'est la terre qui s'en est éloignée à très grande vitesse, pour se rapprocher à nouveau ensuite ? Dans ce cas, c'est le jumeau terrien qui serait le plus jeune à la fin du voyage. A l'évidence, chacun des jumeaux ne peut être plus jeune que l'autre ! C'est qu'il faut tenir compte d'une différence fondamentale entre le mouvement relatif du jumeau astronaute et celui du terrien. Si l'on prétend que la terre s'éloigne de l'engin spatial, alors c'est l'Univers entier qui doit se mettre en mouvement avec elle. Autrement dit, comme la terre resterait immobile par rapport à l'Univers, les effets de la relativité liés à l'accélération ne s'appliqueraient qu'au jumeau qui sillonne l'espace. On voit qu'il faut voyager pour rester jeune !

# La responsabilité morale du savant

par Albert Einstein

**A** l'époque où nous vivons, l'insécurité tant extérieure qu'intérieure est telle, les objectifs fixes sont si rares que le seul fait de confesser nos convictions peut n'être pas sans prix, alors même que ces convictions, comme tous les jugements de valeur, ne peuvent se justifier par la logique.

Une question se pose aussitôt : donnerons-nous comme objectif à nos travaux de connaître la vérité ou, pour parler plus modestement, de comprendre le monde de l'expérience par l'exercice d'une pensée logique et constructive ? Ou au contraire utiliserons-nous cette recherche de la vérité à des fins d'un autre ordre, à des fins « pratiques », par exemple ? La logique ne permet pas de trancher la question.

La réponse, cependant, influera profondément sur nos pensées, sur notre conception des valeurs morales, à condition de refléter une conviction profonde et inaltérable. Mais laissez-moi vous faire un aveu : pour ma part, l'aspiration à la connaissance est l'une de ces fins absolues sans lesquelles aucun être pensant ne peut adopter une attitude consciente et constructive devant l'existence.

De par sa nature même, cette soif de savoir apparaît comme un effort à la fois pour embrasser l'expérience dans toute sa complexité et pour découvrir une hypothèse fondamentale simple et économique. Qu'il soit possible de faire coexister ces deux objectifs, c'est là pour nous, à ce stade primitif de nos recherches scientifiques, un article de foi. Sans une telle foi, je

ne saurais, pour ma part, avoir la conviction ferme et inébranlable de la valeur absolue de la connaissance.

Cette attitude pour ainsi dire religieuse du savant devant la vérité n'est pas sans influencer l'ensemble de sa personnalité, car il n'existe en principe pour lui aucune autorité, en dehors de celles de l'expérience et des lois de la pensée logique, dont les décisions et les manifestations puissent en tant que telles se réclamer de la «vérité». Ainsi arrivons-nous à ce paradoxe que celui qui consacre le meilleur de ses facultés à l'étude de la réalité objective devient du point de vue social un individualiste irréductible qui, en principe tout au moins, se fie à son seul jugement. On peut même émettre l'opinion qu'en fait l'individualisme intellectuel et l'aspiration à la connaissance scientifique sont apparus simultanément dans l'histoire et sont toujours demeurés inséparables.

Mais, dira-t-on, l'homme de science ainsi défini ne se rencontre pas en chair et en os sur la terre, c'est une pure abstraction, qui s'apparenterait plutôt à l'*homo economicus* des économistes classiques. Il me semble pourtant que la science telle que nous la connaissons aujourd'hui n'aurait pu naître et conserver sa vitalité si, durant bien des siècles, plusieurs hommes ne s'étaient approchés de cet idéal.

Bien entendu, je ne considère nullement que pour être homme de science il suffit de savoir se servir des instruments et des méthodes qui, directement ou indirectement, apparaissent comme «scientifiques». Ce terme ne saurait s'appliquer qu'à ceux chez qui l'esprit scientifique est vraiment à l'œuvre.

Quelle est donc aujourd'hui la place de l'homme de science dans la société humaine ? Il est évidemment fier de ce que les travaux des savants aient contribué à la transformation radicale de la vie économique de l'homme en éliminant presque totalement l'effort musculaire. Mais en même temps il s'afflige de la grave menace qui pèse sur l'humanité du fait que les résultats de ses recherches sont tombés entre les mains de détenteurs du pouvoir politique moralement aveugles. Il se rend compte que les techniques mises au point grâce à ses recherches ont provoqué la concentration du pouvoir économique et politique entre les mains de petites minorités, et que le destin de l'humanité, apparemment de plus en plus amorphe, en est venu à dépendre uniquement de l'emploi de ce pouvoir. Pis encore : cette concentration de la force entre les mains de quelques-uns n'a pas seulement réduit l'homme de science à une sujétion économique, elle menace son indépendance intérieure. L'emploi d'habiles moyens de domination intellectuelle et morale risque de rendre à tout jamais impossible l'apparition de personnalités indépendantes.

Ainsi le destin de l'homme de science nous apparaît-il comme véritablement tragique. Emporté par l'élan le plus sincère vers la clarté et l'indépendance intérieure, il a forgé lui-même par des efforts véritablement surhumains les chaînes de son esclavage et les armes qui provoqueront sa propre destruction. Il ne peut éviter que ceux qui détiennent le pouvoir politique trouvent

La théorie de la relativité prévoit que la masse d'un corps augmente avec sa vitesse (voir notre dessin en page 14). Dans la vie courante, les vitesses sont bien trop faibles pour qu'on y puisse saisir les effets de la relativité, mais lorsqu'on entre dans l'univers des accélérateurs de particules, ces effets sont tout à fait perceptibles. Les accélérateurs de particules sont des appareils géants dans lesquels les particules atomiques sont accélérées jusqu'à des vitesses fantastiques. Dans l'accélérateur linéaire de Stanford en Californie (vue aérienne à droite), les électrons accélérés approchent de si près la vitesse de la lumière que leur masse augmente 40 000 fois. Au bout de l'installation, longue d'un peu plus de 3 km, se trouve un anneau de stockage où les particules entrent en collision et produisent une matière nouvelle. Les chercheurs peuvent observer avec précision le manège des particules grâce à des "chambres à bulles" contenant un liquide "lourd", surchauffé et comprimé. Trop petites pour qu'on puisse les voir, les particules, projetées à travers ce liquide, laissent un sillage de bulles microscopiques qu'on peut photographier. Les spécialistes peuvent alors mesurer la masse et les autres propriétés des particules invisibles. A droite en haut, des traces de particules photographiées dans la chambre à bulles "Gargamelle" du CERN (Centre Européen de Recherches Nucléaires) à Genève. A droite en bas, quatre hublots d'observation de la chambre à bulles "Gargamelle". On peut y mesurer avec précision la conversion de l'énergie cinétique en matière et en masse, qui confirme la célèbre équation d'Einstein  $E = mc^2$  exprimant que "la masse et l'énergie sont exactement la même chose".

Photo Georg Gensler © Rapho, Paris



le moyen de le bâillonner. Comme le soldat, il est forcé de sacrifier sa propre vie et de prendre celle des autres, bien qu'il soit convaincu de l'absurdité de tels sacrifices. En fait, il se rend clairement compte que les circonstances historiques qui ont fait de l'État le seul détenteur du pouvoir économique, politique et militaire rendent inévitable la destruction universelle. Il sait que c'est seulement en instituant un ordre supranational, fondé sur la loi, qui proscrirait à tout jamais l'emploi de la force brutale, que l'humanité peut encore espérer trouver le salut ; mais le savant en est déjà à considérer comme un sort inéluctable l'esclavage où le réduit l'État. Il s'avilit au point de contribuer, en toute obéissance, à perfectionner les moyens qui permettront la destruction totale de l'humanité.

N'y a-t-il pas d'espoir pour l'homme de science ? Doit-il vraiment souffrir toutes ces indignités ?

Le temps serait-il passé où la liberté intérieure du savant, l'indépendance de sa pen-

sée et de son œuvre faisaient de lui le guide et le bienfaiteur des hommes ? En aspirant trop exclusivement à l'intelligence, n'a-t-il pas oublié sa dignité et sa responsabilité ? Voici ma réponse : on peut détruire un homme essentiellement libre et scrupuleux, on ne peut le réduire en esclavage ni en faire un instrument aveugle.

Si l'homme de science pouvait trouver aujourd'hui le temps et le courage de regarder honnêtement et objectivement en face la situation qui lui est faite et la tâche qui lui incombe, et régler sa conduite en conséquence, les chances de trouver une issue sensée et satisfaisante à la dangereuse situation internationale actuelle seraient considérablement meilleures.

Albert Einstein

Cet article est une version légèrement abrégée d'un message adressé au quarante-troisième congrès de la Société italienne pour le progrès des sciences, en 1950.



Photo © CERN, Genève

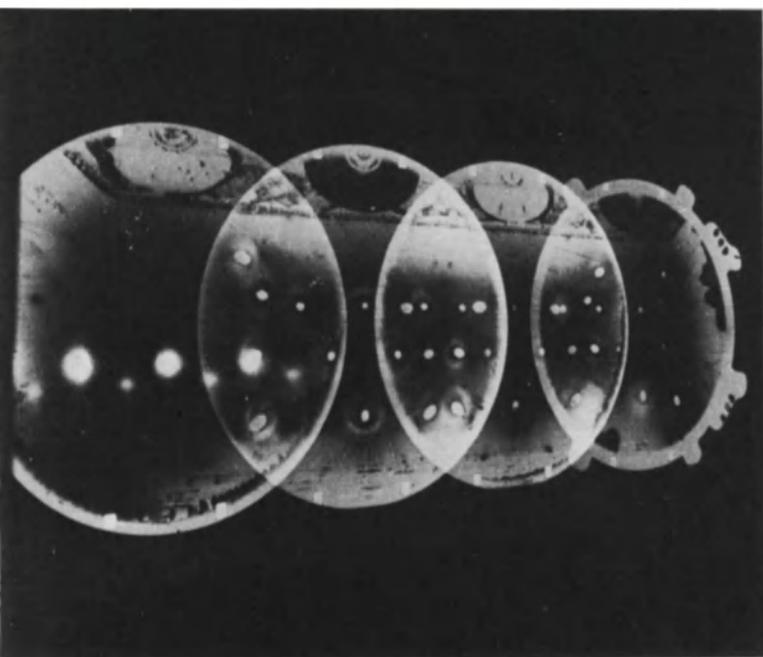
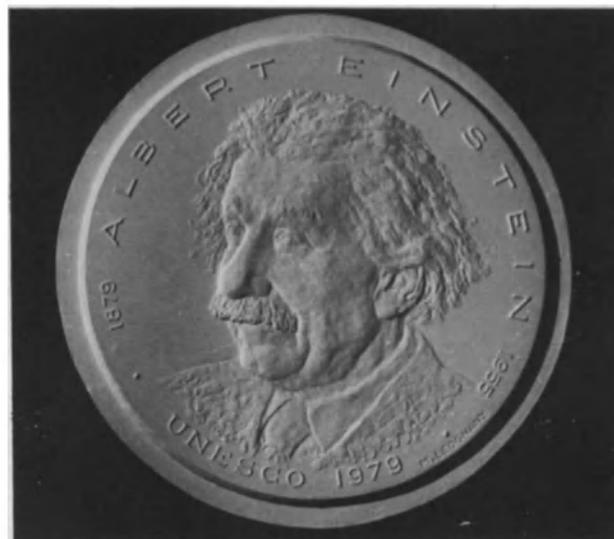


Photo © CNRS, Paris



## Une médaille Unesco "Albert Einstein"

L'Unesco vient de faire frapper une médaille officielle en or, en argent et en bronze pour commémorer le centième anniversaire de la naissance d'Albert Einstein (14 mars 1879). La médaille "Einstein" est l'œuvre du graveur français Max Léognany. L'avvers porte l'effigie du savant vers la fin de sa vie avec l'inscription : 1879 ALBERT EINSTEIN 1955 — UNESCO 1979. Au revers, Léognany a tracé le profil d'Einstein à l'arrière-plan des trois équations mathématiques qui résument l'essentiel de sa contribution à la physique. La plus célèbre,  $E = mc^2$ , exprime un rapport fixe, quantitatif, entre l'énergie (E) et la masse (m), déterminée par le carré de la vitesse de la lumière (c). La deuxième équation résume ses travaux sur la loi de l'effet photoélectrique, qui lui valurent le Prix Nobel de physique en 1921. La dernière formule, qui est une des équations du champ de gravitation, constitue une application de la théorie de la relativité. Einstein est la première personnalité des temps modernes que l'Unesco décide d'honorer dans la série "Anniversaires des grands hommes" où l'ont précédé Aristote, Michel-Ange et Rubens.

Les médailles, frappées par l'Hôtel des Monnaies de Paris, peuvent aussi être portées en sautoir. On peut se les procurer auprès du Programme philatélique et numismatique de l'Unesco, Place de Fontenoy, 75700 Paris.

Photo Michel Claude, Unesco

### Les livres

**Einstein et le conflit des générations** par Lewis S. Feuer. Editions Complexe, Paris, 1978

**Albert Einstein** par Hilaire Cuny. Editions Seghers, Paris, 1961

**Albert Einstein** par Antonina Vallentin. Librairie Plon, Paris, 1958

**La relativité** par Albert Einstein. Petite Bibliothèque Payot, Paris, 1956

**Un, deux, trois... L'infini** par George Gamow. Dunod, Paris, 1956

**Science et Synthèse**, Unesco, Paris, 1967

**Impact**, Science et société, vol. 29, n° 1, Unesco, février-mars 1979

**La Recherche**, n° 96, janvier 1979, Paris



Photo © Ullstein, Rep. Fed. d'Allem.

# Vedette, violoniste caricaturiste et physicien

Einstein jouant du violon (dessin de l'artiste russe Leonid Pasternak [1862-1945])

Photo Studio Edmark © Mrs Lydia Slater-Pasternak, Oxford



De passage à Hollywood en 1931, Einstein et sa femme furent invités par Charles Chaplin à assister à la première de son film *Les Lumières de la ville*. La foule reconnut aussi bien le physicien, déjà mondialement célèbre, que la vedette et les acclama. "Si l'on vous applaudit" dit Chaplin à Einstein, "c'est parce que personne ne vous comprend, et moi, parce que tout le monde me comprend".

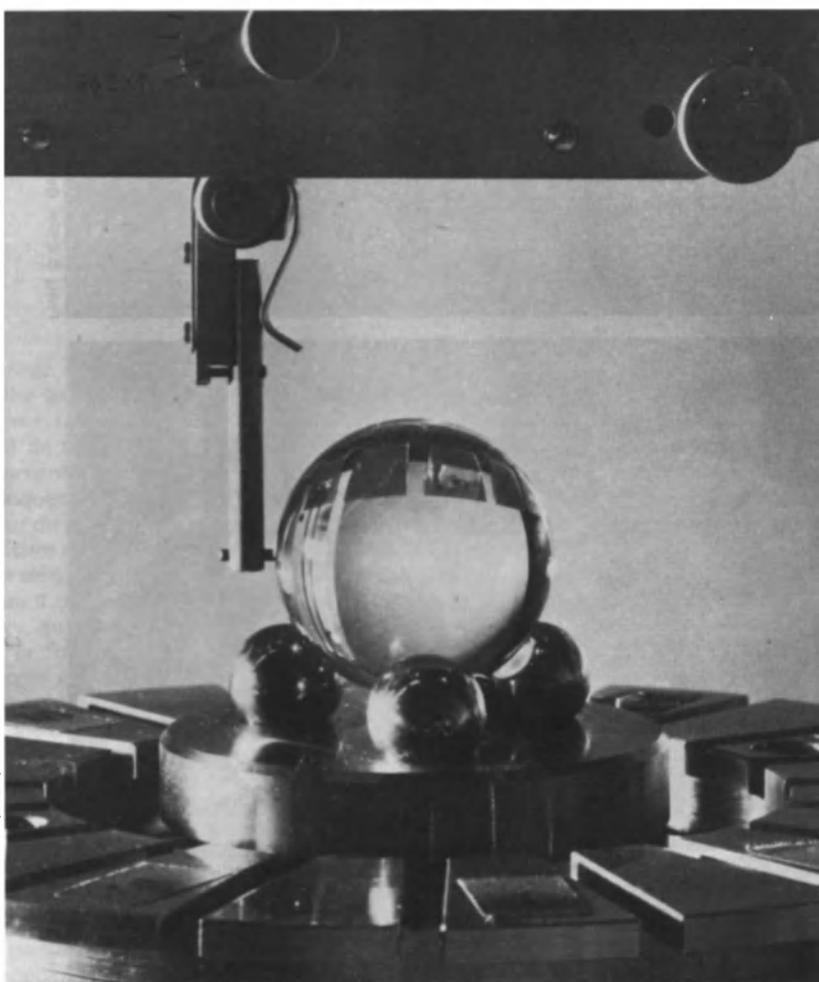


Quand un génie se voit de dos avec sa famille (silhouettes réalisées par Einstein en 1919)

Reproduit de *Einstein, a Centenary Volume* de A.P. French, Heinemann Educational Books Ltd., Londres

La précision extrême des techniques de fabrication modernes permet des vérifications expérimentales toujours plus fines des théories d'Einstein. Sur la photo, une boule de quartz de la taille d'une balle de tennis, parfaitement sphérique (au 1/4000<sup>e</sup> de mm près), est au stade du contrôle à l'Université de Stanford en vue d'une vérification originale de la théorie de la relativité générale. Dans les années 80, quatre sphères semblables seront placées à bord d'un vaisseau spatial en orbite autour de la terre et mises en mouvement comme des gyroscopes. L'expérience vise à montrer le très léger infléchissement de l'espace dû à la rotation de la terre.

Photo © Francis Everitt, BBC, Londres



# Pour un nouvel ordre économique international

Mohammed Bedjaoui



unesco

Premier titre d'une nouvelle collection créée par l'Unesco : « Nouveaux défis au droit international ». Les ouvrages qui seront publiés dans cette collection traiteront souvent de questions controversées et chercheront à stimuler la réflexion sur une meilleure adaptation du droit international aux nouvelles exigences du monde contemporain.

M. Mohammed Bedjaoui esquisse dans la première partie de l'ouvrage le profil de « l'ordre international de la misère et de la misère de l'ordre international » que notre monde a engendré et examine dans la seconde partie ce que pourraient être « le droit international du développement et le développement du droit international ».

Cette étude tient compte de l'ensemble de la problématique actuelle : Que faut-il donc entendre par « nouvel ordre économique international » ? Quels sont les constats et les aspirations qui ont donné naissance au concept lui-même ? Quelles sont la portée et la signification de la crise actuelle ? Quels obstacles se dressent sur la voie de l'établissement du nouvel ordre économique international ? Quels sont les données ou les invariants ainsi que les paramètres dépendants qui livrent la physionomie des lignes de force et des rapports de puissance, changeants et renouvelés, qui conditionnent l'évolution vers de nouvelles étapes dans le progrès de l'humanité ? Quels sont les voies et moyens pour parvenir à l'instauration de cet ordre nouveau ? Est-ce qu'en particulier l'adaptation du système des Nations Unies constitue une condition nécessaire et suffisante pour l'établissement de ce nouvel ordre ?

L'auteur, M. Mohammed Bedjaoui, ancien ministre, membre de la Commission du droit international des Nations Unies, associé de l'Institut de droit international, est, depuis 1970, ambassadeur d'Algérie à Paris.

En vente

France 38 F 295 pages.

- Librairie de l'Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris (joindre le règlement)
- Librairies universitaires

Autres pays : contacter l'agent de vente dans votre pays (liste ci-dessous).

## Pour vous abonner ou vous réabonner et commander d'autres publications de l'Unesco

**Vous pouvez commander les publications de l'Unesco chez tous les libraires ou en vous adressant directement à l'agent général (voir liste ci-dessous). Vous pouvez vous procurer, sur simple demande, les noms des agents généraux non inclus dans la liste. Les paiements des abonnements peuvent être effectués auprès de chaque agent de vente qui est à même de communiquer le montant du prix de l'abonnement en monnaie locale.**

**ALBANIE.** N. Sh. Botimeve Naim Frasherit, Tirana. — **ALGÉRIE.** Institut pédagogique national, 11, rue Ali Haddad, Alger, Société nationale d'édition et diffusion (SNED), 3 bd Zirout Youcef, Alger. — **RÉP. FED. D'ALLEMAGNE.** Unesco Kurier (Edition allemande seulement) : Colmantstrasse, 22, 5300 Bonn. Pour les cartes scientifiques seulement : Geo Center, Postfach 800830, 7000 Stuttgart 80. Autres publications : S. Karger GmbH, Karger Buchhandlung, Angerhofstr. 9, Postfach 2, D-8034 Germering/München. — **RÉP. DÉM. ALLEMANDE.** Buchhaus Leipzig, Postfach, 140, Leipzig. Internationale Buchhandlungen, en R.D.A. — **AUTRICHE.** Dr Franz Hain, Verlags- und Kommissionbuchhandlung, Industriehof Stadlau, Dr Otto Neurath - Gasse, 1220 Vienne. — **BELGIQUE.** Ag. pour les publications de l'Unesco et pour l'édition française du "Courrier" : Jean de Lannoy, 202, Avenue du Roi, 1060 Bruxelles, CCP 000-007/0823-13. Edition néerlandaise seulement : N.V. Handelsmaatschappij Keesing, Keesinglaan 2-18, 21000 Deurne-Antwerpen. — **RÉP. POP. DU BÉNIN.** Librairie nationale, B.P. 294, Porto Novo. — **BRÉSIL.** Fundação Getúlio Vargas, Editora-Divisão de Vendas, Caixa Postal 9 052-ZC-02, Praia de Botafogo, 188 Rio de Janeiro RJ — **BULGARIE.** Hemus, Kantora Literatura, bd Rousky 6, Sofia. — **CAMEROUN.** Le secrétaire général de la Commission nationale de la République unie du Cameroun pour l'Unesco, B.P. N° 1600, Yaoundé. — **CANADA.** Editions Renouf Limitée, 2182, rue Ste. Catherine Ouest, Montréal, Que H3H 1M7. — **CHILI.** Bibliocentro Ltda., Casilla 13731 Constitución n° 7, Santiago (21). — **CHINE.** China National Publications Import Corporation, West Europe Dept., P.O. Box 88, Pékin. — **RÉP. POP. DU CONGO.** Librairie populaire B.P. 577 Brazzaville. — **CÔTE-D'IVOIRE.** Centre d'édition et de diffusion africaines, B.P. 4541, Abidjan-Plateau. — **DANEMARK.** Einar Munksgaard Ltd., 6, Norregade, 1165 Copenhague K. — **ÉGYPTÉ (RÉP. ARABE D').** National Centre for Unesco

Publications, N° 1, Talaat Harb Street, Tahrir Square, Le Caire. — **ESPAGNE.** MUNDI-PRENSA Libros S.A., Castelló 37, Madrid 1. Ediciones Liber. Apartado 17, Ondárroa (Vizcaya) ; Sr. A. González Donaire, Apto de Correos 341, La Coruna. Libreria Al -Andalus, Roldana, 1 y 3, Sevilla 4. Libreria CASTELLS, Ronda Universidad 13, Barcelona 7. — **ÉTATS-UNIS.** Unipub. 345, Park Avenue South, New York, N.Y. 10010. — **FINLANDE.** Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 1, 00100 Helsinki. — **FRANCE.** Librairie Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris, C.C.P. 12.598.48 — **GRÈCE.** Libraires internationales. — **HAÏTI.** Librairie A la Caravelle, 26, rue Roux, B.P. 111, Port-au-Prince. — **HAUTE-VOLTA.** Lib. Attie B.P. 64, Ouagadougou. — **LIBANIE.** Catholique « Jeunesse d'Afrique ». Ouagadougou. — **HONGRIE.** Akadémiai Könyvesbolt, Váci U.22, Budapest V., A.K.V. Könyvtárosok Boltja. Népköztasasag utja 16, Budapest VI. — **INDE.** Orient Longman Ltd. : Kamani Marg, Ballard Estate. Bombay 400 038 ; 17 Chittaranjan Avenue, Calcutta 13 ; 36a Anna Salai, Mount Road, Madras 2, B-3/7 Asaf Ali Road, Nouvelle-Delhi 1, 80/1 Mahatma Gandhi Road, Bangalore-560001, 3-5-820 Hyderguda, Hyderabad-500001. Publications Section, Ministry of Education and Social Welfare, 511, C-Wing, Shastri Bhavan, Nouvelle-Delhi-110001 ; Oxford Book and Stationery Co., 17 Park Street, Calcutta 700016 ; Scindia House, Nouvelle-Delhi 110001. — **IRAN.** Commission nationale iranienne pour l'Unesco, av. Iranchahr Chomali N° 300 ; B.P. 1533, Téhéran, Kharazmie Publishing and Distribution Co. 28 Vessal Shirazi St, Shahreza Avenue, P.O. Box 314/1486, Téhéran. — **IRLANDE.** The Educational Co. of Ir. Ltd, Ballymount Road Walkinstown, Dublin 12. — **ISRAËL.** Emanuel Brown, formerly Blumstein's Bookstores : 35, Allenby Road et 48, Nachlat Benjamin Street, Tel-Aviv ; 9 Shlomzion Hamalka Street, Jérusalem. — **ITALIE.** Licosa (Libreria Commissionaria Sansoni, S.p.A.) via Lamarmora, 45, Casella Postale 552, 50121 Florence. — **JAPON.** Eastern Book Service Inc. C.P.O. Box 1728, Tokyo 100 92. — **LIBAN.** Librairie Antone, A. Naouf et Frères ; B.P. 656, Beyrouth. — **LUXEMBOURG.** Librairie Paul Bruck, 22, Grande-Rue, Luxembourg. — **MADAGASCAR.** Toutes les publications : Commission nationale de la Rép. dém. de Madagascar pour l'Unesco, Ministère de l'Education nationale, Tananarive. — **MALI.** Librairie populaire du Mali, B.P. 28, Bamako. — **MAROC.** Librairie « Aux belles images », 282, avenue Mohammed-V, Rabat, C.C.P. 68-74. « Courrier de l'Unesco » : pour les membres du corps enseignant : Commission nationale marocaine pour l'Unesco 19, rue Oqba, B.P. 420, Agdal, Rabat (C.C.P. 324-45). — **MARTINIQUE.** Librairie « Au Boul' Mich », 1, rue Ferrion, et 66, av. du Parquet, 972, Fort-de-France. — **MAURICE.** Nalanda Co. Ltd., 30, Bourbon Street, Port-Louis. — **MEXIQUE.** SABS, Servicios a Bibliotecas, S.A., Insurgentes Sur N° 1032-401, México 12. — **MONACO.** British Library, 30, boulevard des Moulins, Monte-Carlo. — **MOZAMBIQUE.** Instituto Nacional do livro e do

Disco (INLD), Avenida 24 de Julho, 1921 r/c e 1º andar, Maputo. — **NIGER.** Librairie Mauclet, B.P. 868, Niamey. — **NORVÈGE.** Toutes les publications : Johan Grundt Tanum (Booksellers), Karl Johans gate 41/43, Oslo 1. Pour le « Courrier » seulement : A.S. Narvesens Litteraturteneste, Box 6125 Oslo 6. — **NOUVELLE-CALÉDONIE.** Reprex S.A.R.L., B.P. 1572, Nouméa — **PARAGUAY.** Agencia de diarios y revistas, Sra. Nelly de Garcia Astillero, Pte. Franco N° 580 Asunción. — **PAYS-BAS.** « Unesco Koerier » (Edition néerlandaise seulement) Systemen Keesing, Ruysdaelstraat 71-75, Amsterdam-1007. Agent pour les autres éditions et toutes les publications de l'Unesco : N.V. Martinus Nijhoff, Lange Voorhout 9. 's-Gravenhage — **POLOGNE.** ORPAN-Import. Palac Kultury, 00-901 Varsovie, Ars-Polona-Ruch, Krakowskie -Przedmiescie N° 7, 00-068 Varsovie. — **PORTUGAL.** Dias & Andrade Ltda. Livraria Portugal, rua do Carmo, 70, Lisbonne. — **ROUMANIE.** ILEXIM, Romlibri, Str. Biserica Amzei N° 5-7, P.O. B. 134-135, Bucarest. Abonnements aux périodiques : Rompresfiatela calea Victoriei 29, Bucarest. — **ROYAUME-UNI.** H.M. Stationery Office P.O. Box 569, Londres S.E.1 — **SÉNÉGAL.** La Maison du Livre, 13, av. Roume, B.P. 20-60, Dakar, Librairie Clairafrique, B.P. 2005, Dakar, Librairie « Le Sénégal » B.P. 1954, Dakar. — **SEYCHELLES.** New Service Ltd., Kingsgate House, P.O. Box 131, Mahé. — **SUEDE.** Toutes les publications : A/B C.E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Regeringsgatan, 12, Box 16356, 103-27 Stockholm, 16. Pour le « Courrier » seulement : Svenska FN-Forbundet, Skolgrand 2, Box 150-50, S-10465 Stockholm-Postgiron 184692. — **SUISSE.** Toutes publications Europa Verlag, 5, Ramistrasse, Zurich, C.C.P. 80-23383. Librairie Payot, 6, Rue Grenus, 1211, Genève 11. C.C.P. : 12.236. — **SYRIE.** Librairie Sayegh Immeuble Diab, rue du Parlement, B.P. 704, Damas. — **TCHÉCOSLOVAQUIE.** S.N.T.L., Spalena 51, Prague 1 (Exposition permanente) ; Zahracni Literatura, 11 Soukenicka, Prague 1. Pour la Slovaquie seulement : Alfa Verlag Publishers, Hurbanovo nam. 6, 893 31 Bratislava. — **TOGO.** Librairie Evangélique, B.P. 1164, Lomé, Librairie du Bon Pasteur, B.P. 1164, Lomé, Librairie Moderne, B.P. 777, Lomé. — **TRINIDAD ET TOBAGO.** Commission Nationale pour l'Unesco, 18 Alexandra Street, St. Clair, Trinidad, W.I. — **TUNISIE.** Société tunisienne de diffusion, 5, avenue de Carthage, Tunis. — **TURQUIE.** Librairie Hachette, 469 Istiklal Caddesi, Beyoglu, Istanbul. — **U.R.S.S.** Mejdunarodnaya Kniga, Moscou, G-200 — **URUGUAY.** Editorial Losada Uruguayua, S.A. Libreria Losada, Maldonado, 1092, Colonia 1340, Montevideo. — **YOUgoslavIE.** Jugoslovenska Kniga, Trg Republike 5/8, P.O.B. 36, 11-001 Belgrade. Drzavna Založba Slovenije, Titova C 25, P.O. B. 50, 61-000 Ljubljana — **RÉP. DU ZAÏRE.** La librairie, Institut national d'études politiques, B.P. 2307, Kinshasa. Commission nationale de la Rép. du Zaïre pour l'Unesco, Ministère de l'Education nationale, Kinshasa. —

# actualité unesco

## Les scientifiques enregistrent des progrès dans la prévision des séismes

Bien que des progrès notables aient été réalisés dans la prévision des séismes, aucune théorie générale ne permet aux scientifiques d'expliquer pourquoi un séisme survient ici ou là, à ce moment-là.

Ils ne peuvent pas non plus prévoir le degré d'intensité des secousses sismiques, ainsi que l'a précisé le Président du symposium qui s'est tenu à l'Unesco. Néanmoins, ajoutait ce dernier, de nombreuses vies ont été épargnées au cours des années grâce à des prévisions couronnées de succès, spécialement en Chine. Les expériences réalisées en ce domaine et les succès obtenus dans ce pays ont de quoi rendre optimiste et font croire qu'on peut prévoir les séismes n'importe où dans le monde. C'est ce qu'a notamment

affirmé le docteur Frank F. Evison, de l'Institut de géophysique de l'Université Victoria, à Wellington, en Nouvelle-Zélande, au cours d'une conférence de presse lors du symposium international sur la prévision des séismes qui s'est tenu au siège de l'Unesco, à Paris.

Les progrès réalisés ces dernières années, a-t-il dit, ont consisté à rassembler des observations et des renseignements concernant environ 15 types de séismes « précurseurs », phénomènes naturels et anomalies déjà connus pour être les précurseurs d'un séisme de forte intensité.

« La situation actuelle, a-t-il dit, consiste à vérifier des hypothèses relatives à ces prévisions. Mais cela nécessite davantage d'observations et de

renseignements, ainsi qu'un nombre de séismes plus considérable jusqu'à obtenir une nouvelle théorie. »

Le docteur Tsuneji Rikitake, du département de physique appliquée de l'Institut de technologie de Tokyo, fait remarquer cependant qu'en Chine, dans les années 1975 à 1976, on avait prévu quatre sur cinq des séismes de forte intensité (avec une magnitude de plus de 7 à l'échelle de Richter). Ces prévisions « imminentes » (allant de quelques jours à 20 minutes) ont permis de sauver de nombreuses vies, lors d'un de ces séismes au moins. Les autres séismes ont eu lieu dans des endroits peu peuplés de Chine.

Selon le docteur Makane Simizu, de l'Office pour la prévision des séismes de l'Agence pour la science et la

Frioul, Italie : destructions provoquées par le tremblement de terre du 6 mai 1976. Les prévisions coûtent moins cher que les vies humaines.



Photo Alexis N. Vorontzoff, Unesco

technologie à Tokyo, « le Japon lui-même dispose pour la prévision des séismes d'un budget qui s'élève cette année à environ 36 millions de dollars. De plus, 3 milliards 500 millions de dollars sont dépensés chaque année pour atténuer les risques en cas de séismes, comprenant les programmes techniques appropriés. Le Japon a aussi développé un système très sophistiqué pour traduire les prévisions sismiques en décisions gouvernementales. Grâce à ces procédures, une alerte sismique peut être donnée s'il le faut deux heures environ après que les sismologues aient donné le premier signal d'une anomalie géodésique.

Le docteur Ralph H. Turner du Département de sociologie de l'Université de Californie à Los Angeles, a déclaré, quant à lui, que des progrès graduels ont été effectués dans les méthodes de prévision de séismes, mais

que la recherche et les effets socio-économiques et d'alerte des prévisions de séismes en sont encore au stade du balbutiement.

Développer ces prévisions représente seulement la moitié du travail, a-t-il dit. Il nous faut savoir comment utiliser au mieux ces résultats et c'est là que la recherche en sciences sociales intervient.

La prévision des séismes est utile pour réduire les risques, mais son efficacité dépend de l'élaboration des plans de réponse communautaire qui peuvent être réalisés lorsque les prévisions sont effectuées. Le développement de tels plans est assujéti, en retour, aux réactions individuelles et collectives qui surgissent lorsqu'on fait savoir qu'un séisme est prévisible. Le Dr. Turner a précisé que la recherche systématique en ce domaine datait de trois ou quatre ans seulement. Auparavant les connaissances des

chercheurs en sciences sociales étaient tributaires de ce qu'on savait du comportement enregistré en d'autres circonstances catastrophiques. Même aujourd'hui ces connaissances demeurent incomplètes, basées uniquement sur des études effectuées au Japon et aux USA.

Ce que l'on sait, cependant, est suffisant pour éviter que la peur ne s'empare de la population à l'annonce d'un séisme. Pour la plupart et autant qu'ils le peuvent, les gens continuent de vivre comme par le passé.

## L'évolution technologique des media et leur impact sur le développement à la table ronde de New-Delhi (26 au 30 mars)

Les moyens de communication en Inde jouent un rôle important dans la promotion des objectifs du développement, mais ils favorisent trop la politique (plutôt que l'économie), les intérêts des classes moyennes, la population masculine et les milieux urbains.

C'est ce qui ressort d'un débat sur le rôle des media dans le processus de développement entre des spécialistes indiens à l'occasion d'une table ronde tenue sous l'égide de l'Unesco en mars à New-Delhi. La table ronde était organisée à l'occasion de la 5<sup>e</sup> session de la Commission internationale pour l'étude des problèmes de la communication et certains membres de la commission y ont pris part.

Au cours d'une seconde table ronde sur le thème « la communication et la technologie », des experts du Canada, de l'Inde, du Japon, des USA, de l'URSS et de la Yougoslavie ont présenté des documents sur les implications de la révolution technologique en matière de communication.

Constituée de 16 membres et présidée par l'ancien ministre irlandais des Affaires étrangères, M. Sean MacBride, la Commission prépare un rapport final qui sera soumis à l'Unesco à la fin de cette année. Au cours de sa

réunion de New-Delhi, elle a prêté une attention particulière à des documents préparés par deux de ses membres : l'un par M. Johannes Pieter Pronk (Pays-Bas) relatif aux implications du nouvel ordre économique international sur la diffusion de l'information; l'autre par M. Elie Abel (USA) sur « la communication pour un monde pluraliste et interdépendant » qui a été longuement discuté.

Le rapport de M. Abel énumère les domaines dans lesquels la commission pourrait prendre des décisions concrètes et les autres questions de sensibilité politique qui, selon le rapport, n'avaient pas de chance de déboucher sur un consensus.

Les discussions ont montré que les membres de la commission ont trouvé la technologie ni libre ni impartiale; des problèmes tels que l'accès, le contrôle, les prix et la main-d'œuvre devaient être pris en considération.

Des membres de la commission ont aussi exprimé l'opinion que le choix de la technologie ne pouvait pas être effectué par des techniciens seuls, sans directives gouvernementales.

L'accord a été général sur la nécessité de réduire les tarifs des télécommunications, faciliter l'accès aux services de satellites et accélérer les

transferts de technologie des pays riches vers les pays pauvres.

La question de la protection des journalistes a fait l'objet d'un débat. Cet important sujet avait été auparavant discuté avec quelques juristes internationaux et des organisations de journalistes, en laissant le soin aux associations professionnelles et aux milieux intéressés d'informer la Commission des résultats de consultations ultérieures. Certains ont estimé que la profession de journaliste n'avait pas besoin de « protection spéciale », d'autres, au contraire, ont estimé que la nature de la profession exige des garanties permanentes.

La commission a décidé de se réunir encore du 4 au 8 juin prochain afin de débattre en particulier du thème « culture et communication », tout en poursuivant l'examen des grandes lignes du rapport final.



Le directeur-général s'adressant au Comité des Nations Unies pour l'élimination de la discrimination raciale. A droite, M. George Lamptey (Ghana), président du Comité.

Photo Michel Claude, Unesco

## « La paix est inséparable de l'élimination de la discrimination raciale », déclare M. M'Bow devant le Comité des Nations Unies

« L'instauration de la paix dans le monde exige non seulement une meilleure entente entre les nations et un véritable désarmement, mais aussi une victoire sur la pauvreté et sur la ségrégation raciale » a déclaré le Directeur Général de l'Unesco devant le

Comité spécial des Nations Unies au siège de l'Unesco.

Prenant la parole à l'ouverture de la 19<sup>e</sup> session du Comité des Nations Unies pour l'élimination de la discrimination raciale, M. Amadou-Mahtar M'Bow a précisé que « rien n'est plus urgent que de mobiliser les forces vives de l'humanité entière pour combattre les fléaux qui la menacent et pour lutter contre le racisme et les préjugés raciaux, partout et par tous les moyens, afin de les exiler de la mémoire de chaque enfant et de chaque homme ».

Retraçant l'historique de l'action de l'Unesco dans ce domaine, le Directeur Général a noté que la Déclaration sur la race et les préjugés raciaux adoptée par acclamations à la dernière session de la Conférence générale de l'Unesco a donné à cette action une nouvelle

impulsion. « Cette déclaration, a-t-il dit, symbolise une synthèse cohérente des défis posés par le racisme, défis biologiques, sociologiques et juridiques aussi bien que culturels, politiques, économiques et ethniques. Elle constitue un instrument de référence d'autant plus fondamental que son adoption unanime par les représentants de tous les Etats membres rehausse sa force morale ».

Le Comité pour l'élimination de la discrimination raciale a pour tâche principale d'examiner les rapports qui lui sont parvenus des vingt-sept Etats parties à la Convention internationale pour l'élimination de toutes les formes de la discrimination raciale. En outre, la mise en œuvre de la Déclaration de l'Unesco sur la race et les préjugés raciaux a été discutée durant la réunion d'avril.

## Vers la création d'un fonds international pour la communication

L'Unesco a été invitée à étudier la possibilité de créer un fonds international pour la communication destiné à aider les pays en développement à améliorer leurs systèmes de communication.

C'est en ces termes qu'a été rédigée une des recommandations adressées à l'Unesco au terme d'un colloque d'une

semaine consacré au « Droit à la communication » et qui s'est tenu sous l'égide des Organisations non gouvernementales jouissant d'un statut consultatif auprès de l'Unesco (une recommandation similaire avait déjà été adoptée à la Conférence intergouvernementale sur les politiques de communication en Asie et en Océanie qui s'est déroulée en février dernier à Kuala Lumpur).

Les représentants de quelques 70 organisations ont participé au colloque de Paris qui a comporté une série de tables rondes sur des thèmes comme « langues et communications », « communication diversifiée selon les divers publics », « feed-back et

participation », « le droit à la communication en tant que droit de l'homme » et « le nouvel ordre international de la communication ».

Dans une autre recommandation, le colloque a invité l'Unesco à étudier la possibilité de lancer une revue internationale trimestrielle dans le domaine de la communication.

## Les enfants, thème principal du Pavillon Unesco à Montréal

A l'occasion de l'Année internationale de l'enfant, le pavillon de l'Unesco à l'exposition « L'homme et son monde », qui se déroulera à Montréal cet été, aura pour thème central : « quel monde laissons-nous à nos enfants ? ».

Le pavillon, auquel coopèrent également l'Unicef et l'Organisation mondiale de l'aviation civile, sera ouvert du 21 juin au 3 septembre, le thème central sera illustré par une

Le « coin des enfants » au pavillon de l'Unesco, « l'homme et son monde, 1978 ». En 1979, un espace plus vaste sera ouvert à des activités plus variées.

représentation du monde sous la forme d'un globe terrestre réalisé par l'architecte et futurologue américain, Buckminster Fuller. La même salle comprendra également une exposition de jouets d'enfants de diverses parties du monde avec un spectacle audio-visuel décrivant l'activité de l'Unesco en faveur des enfants.

Des séries de photos illustrent d'autres aspects du programme de

l'Unesco sans oublier des films de l'Unesco et de l'Unicef. Des séances de cinéma sont prévues à l'intention des enfants avec projections de films, ainsi qu'une exposition des dessins d'enfants qui ont été primés à l'occasion d'un concours international organisé dans plus de 80 pays par l'Unesco en collaboration avec l'Unicef et le Haut Commissariat pour les réfugiés.

Photo Bazil Zarov, Unesco



## Unesco : hommage à Korczak

A l'occasion du 100<sup>e</sup> anniversaire de la naissance de Janusz Korczak, la délégation permanente de la république populaire de Pologne auprès de l'Unesco et l'Association française « Les amis du docteur Janusz Korczak » ont organisé du 2 au 12 avril une semaine internationale en hommage à l'illustre éducateur et pédiatre.

Au programme de cet hommage figuraient une exposition intitulée « Korczak parmi les enfants », un colloque international sur « l'œuvre de Korczak dans le monde d'aujourd'hui » et « la formation des éducateurs », ainsi que la projection du film « Le roi Mathias I<sup>er</sup> » d'après le roman de Korczak.

Né à Varsovie, Korczak (de son vrai nom Henryk Goldszmit) est mort en 1942 dans le camp d'extermination de Treblinka après avoir consacré toute sa vie aux enfants. C'est par le biais de la pédiatrie que ce médecin s'est intéressé à l'éducation des enfants. Il est l'auteur d'une remarquable série de livres pour les enfants et sur les enfants.

## Bons de l'Unesco : un nouveau record

Au cours de l'année 1978 on a vendu l'équivalent de 17.500.000 dollars en

bons Unesco, établissant pour ce programme un nouveau record. Créé en 1950, le système des bons Unesco permet aux pays d'utiliser des monnaies non convertibles pour importer de l'équipement et des fournitures pour l'éducation, la science et la culture.

## Un professeur turc premier lauréat du prix Unesco de l'enseignement des droits de l'homme

M. Mümtaz Soysal, professeur à l'Université d'Ankara et vice-président du Comité exécutif d'Amnesty international, a été le premier lauréat du Prix Unesco de l'enseignement des droits de l'homme.

En décernant ce prix, le directeur général de l'Unesco, M. Amadou-Mahtar M'Bow, a déclaré que les

activités du professeur Soysal rayonnent bien au-delà du cadre de l'université, sa vie et son œuvre ayant valeur d'exemple pour la communauté internationale tout entière.

M. Soysal a obtenu le prix sur proposition d'un jury international présidé par le professeur japonais Shigeru Oda, juge à la Cour internationale de justice de La Haye. Le jury a aussi décerné deux mentions d'honneur attribuées au professeur Thomas Buergenthal (Etats-Unis d'Amérique) et à Maître Louis Edmond Pettiti (France).

Le Prix Unesco de l'enseignement des droits de l'homme a été créé l'an dernier par le Conseil exécutif de l'organisation à l'occasion du trentième anniversaire de la Déclaration universelle des droits de l'homme.

# L'éclat d'un génie

"A mon avis, Einstein aurait été l'un des plus grands physiciens de tous les temps même s'il n'avait pas écrit la moindre ligne sur la relativité", affirmait le célèbre physicien allemand Max Born. Effectivement, ce n'est pas pour ses théories de la relativité qu'Einstein reçut en 1921 le prix Nobel de physique, mais pour ses publications de 1905 sur l'effet photoélectrique dans lesquelles il précisait que la lumière était faite de particules. En 1916, il formula les principes qui devaient conduire quarante ans plus

tard à la mise au point du laser, cet appareil capable de produire un faisceau lumineux assez intense pour pulvériser les matériaux les plus durs et qui résistent le mieux à la chaleur. Parmi les applications actuelles du laser, signalons les interventions délicates en chirurgie des yeux, la possibilité de percer les diamants, les mesures ultra précises et les clichés holographiques. Notre photo montre les effets de lumière produits lorsqu'un faisceau laser traverse une grille de diffraction. Une partie du faisceau est dispersée en ses couleurs constituantes, le reste descend verticalement vers le bas de l'image.

Photo © Fritz Goro, avec l'autorisation de la revue *Scientific American*

