

# ÉTIENNE KLEIN

Il était sept fois  
la révolution

Albert Einstein  
et les autres...



**Champs sciences**

# ÉTIENNE KLEIN

## Il était sept fois la révolution

Certaines révolutions sont lentes et ne font pas couler de sang. Entre 1925 et 1935, la physique a connu un tel bouleversement : les atomes, ces petits grains de matière découverts quelques années plus tôt, n'obéissaient plus aux lois de la physique classique. Il fallait en inventer de nouvelles, penser autrement la matière. Une décennie d'effervescence créatrice, d'audace, de tourments, une décennie miraculeuse suffit à un petit nombre de physiciens, tous jeunes, pour fonder l'une des plus belles constructions intellectuelles de tous les temps : la physique quantique, celle de l'infiniment petit, sur laquelle s'appuie toujours la physique actuelle. Originaux, déterminés, attachants, pathétiques parfois, ces hommes ont en commun d'avoir été, chacun à sa façon, des génies. Dispersés aux quatre coins de l'Europe, à Cambridge, Copenhague, Vienne, Göttingen, Zurich ou Rome, ils se rencontraient régulièrement et s'écrivaient souvent. Leurs travaux se faisaient écho, suscitant l'admiration des uns, la critique des autres, jusqu'à ce qu'ils constituent un édifice formel cohérent.

Ce livre rend hommage à quelques-uns de ces hommes remarquables : George Gamow, Albert Einstein, Paul Dirac, Ettore Majorana, Wolfgang Pauli, Paul Ehrenfest et Erwin Schrödinger.

Professeur à l'École centrale, docteur en philosophie des sciences, **Étienne Klein** a créé et dirige le Laboratoire de recherches sur les sciences de la matière du CEA. Il est notamment l'auteur de : *Les Tactiques de Chronos*, *Petit voyage dans le monde des quanta* et *Le facteur temps ne sonne jamais deux fois* (Flammarion, 2003, 2004 et 2007).

En couverture : © Studio CReE, Milan.

# Flammarion

**IL ÉTAIT SEPT FOIS  
LA RÉVOLUTION**

**ALBERT EINSTEIN ET LES AUTRES...**

DU MÊME AUTEUR

- Conversations avec le sphinx : les paradoxes en physique*, Paris, Albin Michel, coll. « Sciences d'aujourd'hui », 1991 ; Le Livre de Poche, 1994.
- La Quête de l'unité : l'aventure de la physique*, avec M. Lachièze-Rey, Paris, Albin Michel, coll. « Sciences d'aujourd'hui », 1996 ; Le Livre de Poche, 2000.
- Le Temps et sa flèche*, avec M. Spiro (dir.), Paris, Flammarion, coll. « Champs », 1996.
- L'Atome au pied du mur et autres nouvelles*, Paris, Le Pommier, coll. « Romans & plus », 2000.
- L'Unité de la physique*, Paris, PUF, coll. « Science, histoire et société », 2000.
- Moi, U235, atome radioactif*, Paris, Flammarion, 2001.
- Le temps existe-t-il ?* Paris, Le Pommier, coll. « Les petites pommes du savoir », 2002.
- La science nous menace-t-elle ?* Paris, Le Pommier, coll. « Les petites pommes du savoir », 2003.
- Les Tactiques de Chronos*, Paris, Flammarion, 2003 (prix « La science se livre », 2004) ; Flammarion, coll. « Champs », 2004.
- Petit voyage dans le monde des quanta*, Paris, Flammarion, coll. « Champs », 2004 (prix Jean Rostand, 2004).
- Le facteur temps ne sonne jamais deux fois*, Paris, Flammarion, 2007.

Étienne Klein

IL ÉTAIT SEPT FOIS  
LA RÉVOLUTION

ALBERT EINSTEIN ET LES AUTRES...

**Champs sciences**

© Flammarion, 2005, pour la première édition ;  
© 2008 pour la présente édition, coll. « Champs ».  
ISBN : 978-2-0812-6274-4

Extrait de la publication

*À la mémoire de Christian Gauthereau, physicien inventif, qui disparut tragiquement en 1988, à trente et un ans, au même âge qu'Éttore Majorana.*





## INTRODUCTION

*Tout livre, même s'il est écrit avec une honnêteté totale, peut toujours être tenu, d'un certain point de vue, comme sans valeur aucune. Et ce, parce qu'en réalité nul n'a besoin d'écrire un livre, étant donné qu'il y a bien d'autres choses à faire dans le monde.*

Ludwig Wittgenstein

Certaines révolutions sont lentes et ne font pas couler de sang. Au cours des années 1920, la physique a connu une telle révolution, un bouleversement pacifique qui a concerné le seul monde des idées : les physiciens ont alors compris que les atomes, ces petits grains de matière découverts quelques années plus tôt, ne sont pas des objets ordinaires. Leur comportement n'obéissant pas aux lois de la physique habituelle, il a fallu en mettre au jour de nouvelles. Cette entreprise a obligé les scientifiques à abandonner, parfois dans la douleur, souvent dans l'ivresse, quelques-uns des principes les mieux ancrés de la physique classique. D'illustres credos se virent alors contestés pour la première fois. En l'espace de quelques années, le monde est devenu méconnaissable. Et les phy-

siciens ont dû inventer une nouvelle physique, la physique quantique, celle de l'infiniment petit.

Que savait-on de la constitution de la matière au lendemain de la Première Guerre mondiale ? Les physiciens connaissaient en tout et pour tout deux particules : l'électron, dont la découverte en 1897 est attribuée à Joseph Thomson, et le proton, découvert en 1911 par Ernest Rutherford. Ils connaissaient aussi le grain de lumière, le photon, « inventé » par Albert Einstein en 1905 et dont l'existence fut prouvée expérimentalement par Arthur Compton, en 1923. Ils savaient en outre que tous les corps matériels, inertes ou vivants, solides, liquides ou gazeux, sont constitués d'atomes, comme certains Grecs en avaient eu l'intuition, voilà plus de deux millénaires. Mais la preuve définitive de l'existence de ces briques de matière, ils l'avaient eue peu de temps auparavant.

Car à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, l'atome était encore objet de polémiques : ceux qui y croyaient s'opposaient violemment à ceux qui n'y croyaient pas. Les plus sceptiques accusaient l'atome de n'être qu'une idéalité métaphysique, une fantasmagorie oiseuse. La question de sa réalité physique ne fut vraiment tranchée qu'en 1906, à Paris, grâce à une expérience menée par un savant français portant la barbichette, Jean Perrin, à propos d'un phénomène en apparence insignifiant : le mouvement brownien.

Ce terme désigne la valse incessante des particules qui s'agitent dans un fluide : si l'on verse des grains de pollen dans une goutte d'eau, on observe au microscope que ces grains décrivent des trajectoires folles, apparemment guidées par le seul hasard. Mais un an plus tôt, Albert Einstein avait émis l'hypothèse que les mouvements désordonnés de ces grains, loin d'être de simples caprices,

reflètent un ordre sous-jacent : ce qui les détermine secrètement, c'est l'agitation des molécules d'eau qui ne cessent de heurter les grains de pollen, les obligeant à changer sans cesse de direction. L'expérience de Jean Perrin confirma les prédictions d'Einstein. La réalité des molécules, donc des atomes, encore contestée au tout début du XX<sup>e</sup> siècle, fut ainsi définitivement établie. L'atome devenait un objet que la physique pouvait saisir.

Dans un premier temps, entre 1906 et 1911, la conception scientifique de l'atome put demeurer à peu près conforme au discours des Anciens : il s'agissait d'entités élémentaires, indivisibles et immuables. Mais on s'aperçut très vite que cette vision était beaucoup trop naïve, que l'atome était un univers en soi, très différent de l'idée que les Grecs s'en faisaient. En l'espace de quelques années, plusieurs découvertes retentissantes vinrent ruiner les bases du matérialisme hérité de l'atomisme de Démocrite et de la mécanique de Newton : la matière ne pouvait plus être considérée comme une collection de corpuscules s'entrechoquant à la façon de boules de billard.

Il apparut d'abord, grâce aux travaux d'Ernest Rutherford, que l'atome n'est pas insécable – il échappe ainsi à son étymologie<sup>1</sup>. C'est un édifice composite, constitué d'un noyau très dense, 200 000 milliards de fois plus dense que l'eau liquide, autour duquel s'agitent des électrons. Il n'a pas la forme d'une boule, mais on peut lui attribuer une espèce de diamètre correspondant aux dimensions de la trajectoire des électrons qu'il contient. Ce diamètre vaut environ un dixième de milliardième de mètre. Le noyau, lui, est 100 000 fois plus petit que

1. Rappelons que le grec *atomos* signifie « qui ne peut pas être coupé ».

l'atome. Qu'y a-t-il donc entre le noyau et les électrons ? Du vide, rien que du vide, rien que de l'espace. Mais s'il y a du vide au sein même de l'atome, c'est que l'atome n'est pas plein, contrairement à la représentation des Anciens.

Ensuite, les atomes ne sont ni indivisibles ni indestructibles. On peut les tailler en pièces, au sens propre du terme. Par exemple, en les chauffant ou en les éclairant, on peut leur arracher un ou plusieurs électrons. Au terme de cet épluchage périphérique, les atomes deviennent des « ions », porteurs d'une charge électrique.

Enfin, les travaux d'Henri Becquerel et de Marie Curie, menés à la toute fin du XIX<sup>e</sup> siècle, ont établi que si la plupart des atomes qu'on trouve sur Terre sont immortels (laissés à eux-mêmes, ils conserveront toujours leur intégrité), d'autres ne le sont pas. Ce sont les atomes « radioactifs » : un jour vient où ils se transforment en d'autres atomes, en émettant divers rayonnements. Ils changent alors de personnalité nucléaire et de costume chimique.

Pour comprendre tous ces phénomènes et les intégrer dans une théorie cohérente, une physique révolutionnaire fut donc nécessaire : la physique quantique. Des concepts radicalement neufs furent inventés, qui conduisirent les physiciens à penser autrement la matière. Une décennie d'effervescence créatrice, d'audace, de tourments et surtout d'intense labeur a suffi à un petit nombre d'entre eux, tous jeunes, européens, pour fonder l'une des plus belles constructions intellectuelles de tous les temps. Ces hommes originaux, déterminés, attachants, pathétiques parfois, ont affronté des problèmes entièrement nouveaux, résolu ce qu'on est en droit d'appeler de véritables énigmes. Ils ont en commun

d'avoir été, chacun à sa façon, des génies, d'avoir flirté avec le prix Nobel ou de l'avoir reçu, et surtout d'avoir contribué à faire des années 1925-1935 la décennie miraculeuse de la physique.

Dispersés aux quatre coins de l'Europe, à Cambridge, Copenhague, Göttingen, Vienne, Zurich ou Rome, ils se connaissaient bien, se rencontraient régulièrement, notamment à Bruxelles, aux congrès Solvay financés et organisés par un industriel belge qui avait fait fortune dans l'industrie chimique<sup>1</sup>. Ils s'écrivaient souvent, formaient un petit réseau, terriblement efficace. Leurs travaux se faisaient écho, suscitant l'admiration des uns, la critique des autres, jusqu'à ce qu'ils constituent un édifice formel cohérent. Mais pour devenir opératoire, cet édifice théorique exigeait aussi un travail d'interprétation, qu'ils eurent les pires difficultés à mener à bien. Des questions inédites se posaient : comment comprendre le formalisme ? Selon quelles règles utiliser ces concepts ? Quel statut conférer au hasard qui intervient dans la détermination des résultats ? Quels types de discours sur la réalité la physique quantique autorise-t-elle ?

1. Au cours du printemps 1910, Walther Nernst, professeur de chimie physique à l'université de Berlin, rencontra Ernest Solvay, un industriel belge qui avait mis au point un procédé de fabrication du carbonate de sodium. Connaissant son intérêt pour la science, Nernst proposa à Solvay d'organiser et de financer une conférence internationale sur « la nouvelle physique ». Celui-ci accepta. Le premier congrès Solvay eut lieu dans les murs de l'hôtel Métropole de Bruxelles, à la fin octobre 1911. Il rassembla trente-deux physiciens de premier plan, dont Albert Einstein, Max Planck, Jean Perrin, Ernest Rutherford et Henri Poincaré, et une seule physicienne, Marie Curie. Lors des éditions suivantes, les participants, qui ne furent jamais plus de quarante, posèrent sagement pour la postérité, comme les enfants le font pour la photo de classe autour de leur institutrice.

Pareil bouillonnement intellectuel demeure unique dans l'histoire de la physique, et le demeurera sans doute, tant les modalités de travail et certaines des interrogations appartiennent à cette époque. Les pères fondateurs de la physique quantique avaient lu les grands philosophes, allant jusqu'à puiser dans leurs œuvres une part de leur inspiration. Pris par une sorte de fièvre collective, ils pensèrent et travaillèrent avec acharnement, mais sans moyens, car c'est à la main ou à la règle qu'ils faisaient leurs calculs, par lettres ou cartes postales qu'ils correspondaient, en bateau qu'ils traversaient les océans, en train qu'ils parcouraient l'Europe.

C'est à quelques-uns de ces hommes remarquables, créateurs d'une « poésie sophistiquée <sup>1</sup> », que ce livre souhaite rendre hommage. Ces conquérants du minuscule ont pour noms George Gamow, Albert Einstein, Paul Dirac, Ettore Majorana, Wolfgang Pauli, Paul Ehrenfest et Erwin Schrödinger. Car nous avons choisi de nous consacrer à des physiciens théoriciens peu connus du public, ou à ceux qui, trop connus, finissent par l'être mal. Sept hommes singuliers, sept scientifiques d'exception.

George Gamow, joyeux drille d'origine russe, fut l'un des grands précurseurs de la physique nucléaire et de l'actuelle théorie du big bang, mais aussi un auteur prolifique, un vulgarisateur sans équivalent. Albert Einstein, nous l'imaginons volontiers travaillant dans l'abstraction pure, isolé, exclusivement attaché à repenser les fondements mêmes de la physique, mais eût-il inventé la relativité s'il n'avait été ingénieur au Bureau fédéral de la propriété intellectuelle de Berne ? Paul Dirac, physicien

1. Pour reprendre une belle expression de Montaigne (*Essais*, livre II, chap. XII, édition Villey-Saunier, PUF, 1965, p. 537).

britannique, réputé pour son laconisme et épris de beauté mathématique, écrivit en 1928 l'équation qui lui permit de prédire l'existence de l'antimatière. Issu d'une prestigieuse famille sicilienne, Ettore Majorana proposa une théorie des particules élémentaires qui, soixante-dix ans plus tard, continue de fasciner et d'interroger les physiciens ; il disparut mystérieusement à l'âge de trente et un ans sans qu'on retrouve jamais trace de lui. Le Viennois Wolfgang Pauli réalisa des travaux prophétiques et envisagea l'existence d'une nouvelle particule, le neutrino, qui fut avérée vingt-cinq ans plus tard ; parallèlement à son activité universitaire, il entreprit une analyse et, durant trente ans, explora la physique par d'autres moyens, en interprétant ses rêves avec Carl Gustav Jung. Paul Ehrenfest, le plus proche ami d'Albert Einstein, apporta des contributions majeures en thermodynamique et excella à créer des liens entre les plus grands physiciens, à provoquer des rencontres, mais son sens critique et son tempérament mélancolique le poussèrent au suicide. L'Autrichien Erwin Schrödinger ne fut pas seulement le plus philosophe de tous, il fut aussi un grand amoureux, un homme inspiré par les femmes qui conçut, lors d'une escapade dans les Grisons avec une jeune maîtresse, l'équation pilotant le comportement des électrons au sein des atomes.

Évoquer de tels hommes implique d'en croiser d'autres, des figures majeures avec lesquelles nos physiciens entretenaient des relations suivies, ou qui furent des rencontres déterminantes : Niels Bohr, Werner Heisenberg, Enrico Fermi, Max Born, Louis de Broglie et Arnold Sommerfeld, pour ne citer que les principaux.

Nous nous intéresserons bien sûr aux découvertes de ces physiciens et à leurs théories, mais pas seulement. Car la

boussole intérieure de ces hommes, leurs penchants personnels ont aussi marqué profondément leur trajectoire scientifique. Tout processus d'invention puise également dans l'imaginaire, s'appuie sur l'intuition, sur des métaphores ou des analogies qui constituent, en parallèle des concepts et des énoncés, comme une « poétique » de la science en train de se faire. La courbure d'un tempérament, la force d'une conviction, l'obsession d'un questionnement peuvent porter une découverte, parfois même y conduire.

Albert Einstein, lui, n'aurait peut-être pas adhéré à cette démarche. En 1947, alors qu'il commençait, avec quelque réticence, à écrire une sorte d'autobiographie <sup>1</sup>, il fit cette remarque : « L'essentiel dans l'existence d'un homme de mon espèce réside dans *ce* qu'il pense et *comment* il pense, non dans ce qu'il fait ou souffre <sup>2</sup>. » Comme si, en matière de science, la subjectivité devait toujours passer au second plan. Ne pas se dire, ne pas s'entendre. Il serait ainsi préférable de dissocier la pensée et la vie, autant que l'intelligible et le sensible, car il y aurait *ici* un esprit et *là* un corps... Mais « la cloison que les penseurs de tous ordres érigent contre les débordements de la vie n'a rien d'étanche <sup>3</sup> », comme le dit si justement Françoise Balibar.

La culture scientifique devient désirable si elle n'énonce pas seulement les principes, les équations, les résultats mais nous permet de saisir les passions singulières qui les ont voulus, pensés et créés.

1. Albert Einstein, *Autoportrait*, InterÉditions, 1980.

2. Albert Einstein, « Autobiographical Notes », dans Paul Arthur Schlipp (dir.), *Albert Einstein : Philosopher-Scientist*, The Library of Living Philosophers, Open Court, La Salle (Illinois), 1949, p. 33.

3. Françoise Balibar, « Vies de savants, vies brèves », *Critique*, août-septembre 1999, p. 758.



# I

## GEORGE GAMOW, JOYEUX PASSE-FRONTIÈRES

*De frontières au ciel voyons-nous quelques  
traces ?*

*Sa voûte est-elle un mur, une borne, un milieu ?*

Lamartine

*Je préfère le vin d'ici à l'eau de là.*

Pierre Dac

À la fin des années 1930, la physique théorique apparaissait de plus en plus comme une construction formelle surplombant le langage, en principe impossible à transmettre hors du petit cercle des initiés. Pourtant, un jeune physicien du nom de George Gamow (prononcer Gam-off) entreprit de présenter au public les acquis révolutionnaires de la physique quantique et de la relativité, sans jamais laisser le lyrisme déborder sur les terres de la raison. Non, voulut-il démontrer, toute bardée de mathématiques qu'elle est, la physique ne vise pas l'éradication des mots. Comme toutes les entreprises humaines, elle exige une narration passant par la langue de tous les jours, un processus de diffusion qui la transporte par-delà son cercle d'origine. Il y a même urgence à réveiller la Belle au bois dormant. Mais comment procéder ? En trouvant des astuces, des détours, des analogies permettant de

verbaliser – de baliser par le verbe – l'étrangeté de ses concepts. Il ne s'agit pas de photographier la physique, mais de la traduire, de la *re-transcrire*. Le « truc » de Gamow ? Mettre en scène les concepts, jouer avec, les sortir de leur contexte, les faire évoluer à l'air libre, dans la vie de tous les jours, plutôt qu'essayer de les expliquer d'une façon lourdement, tristement didactique.

C'est ainsi que juste avant la Seconde Guerre mondiale, George Gamow, alors nouvellement installé aux États-Unis, se mit à rédiger d'une plume à la fois rigoureuse et alerte *Monsieur Tompkins au pays des merveilles*<sup>1</sup>, livre qui connut d'emblée le succès. Employé d'une grande banque, le héros de ces nouvelles assiste à des conférences du soir prononcées par un professeur de physique. La nuit venue, ses rêves le transportent dans des mondes peu ordinaires : les constantes fondamentales de la physique y sont modifiées de sorte que des phénomènes habituellement cachés dans la vie courante deviennent manifestes. Ainsi, la vitesse de la lumière y est beaucoup plus faible que sa vraie valeur, soit quelques dizaines de kilomètres par heure au lieu de 300 000 kilomètres par seconde ; les effets relativistes comme la contraction des longueurs, habituellement invisibles, deviennent perceptibles au premier cycliste venu ; plus il roule vite, plus la largeur des immeubles devant lesquels il passe lui semble diminuer ; même les piétons qu'il croise se contractent selon la direction de sa vitesse, jusqu'à devenir tout minces s'il pédale vraiment fort. Les initiales des prénoms de Monsieur Tompkins, C. G. H., annoncent la couleur puisqu'elles font

1. Dunod, 1999. La première édition en langue anglaise de cet ouvrage date de 1940 (*Mr Tompkins in Wonderland*, Cambridge University Press).

écho aux trois constantes universelles de la physique :  $c$ , la vitesse de la lumière ;  $G$ , la constante de la gravitation universelle ; et  $h$ , la constante de Planck.

En plus de *Monsieur Tompkins au pays des merveilles*, George Gamow trouva le temps d'écrire une vingtaine d'autres livres, enthousiastes et accessibles à tous, notamment *Trente années qui ébranlèrent la physique*, dans lequel il met en scène les grands physiciens de la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle<sup>1</sup>. Ses ouvrages sont dotés de qualités qu'on trouve rarement ensemble : clarté et rigueur de la narration, netteté de l'énonciation, nervosité des intrigues, usage prudent des métaphores. La plupart sont illustrés de dessins qu'il a lui-même réalisés. Certains sont des portraits de pères fondateurs de la physique quantique que Gamow a fréquentés (de Broglie, Planck, Bohr, Born, Pauli, Heisenberg, Fermi, Dirac), et pour lesquels il prétendit s'être inspiré du trait de Sandro Botticelli. Mais c'était sans doute mettre la barre un peu haut. Quand on les regarde, on sent davantage l'influence du... pop'art que celle du grand maître florentin : les dessins sont comme extraits d'une bande dessinée qui aurait perdu son organisation séquentielle et sa valeur narrative. Reste que les ouvrages populaires de Gamow ont enlevé à la physique sa chape d'ennui et de sérieux. Ils demeurent l'exemple d'un « gai savoir » au sens nietzschéen du terme, d'un savoir qui ne ramène pas le monde à soi mais en chante la plénitude et l'exubérance et qui, sans avarice intellectuelle, dit la luxuriance de la vie et des idées.

Mais c'est bien connu : le monde scientifique n'est pas

1. George Gamow, *Trente années qui ébranlèrent la physique. Histoire de la théorie quantique*, Éditions Jacques Gabay, Paris, 2001 (première édition anglaise : *Thirty Years that Shook Physics*, New York, Double Day and Company, Inc. Garden City, 1954 ; première édition française chez Dunod, traduction de Geneviève Guéron, 1968).

une bonne antenne émettrice. Il rechigne à rayonner. Les vulgarisateurs y sont donc souvent considérés comme des mâcheurs de sciences refroidies, des seconds couteaux qui arrivent toujours après la bataille.

George Gamow n'eut heureusement guère à souffrir de ce préjugé tenace : dans le petit monde de la physique, il fut très tôt reconnu comme un théoricien de première classe et se révéla même un authentique pionnier dans de nombreux secteurs de recherche. Changeant à plusieurs reprises de thématique, créant même de nouvelles disciplines, il se montra étonnamment inventif tout au long de sa vie. Car cet esprit aiguisé avait la topologie d'un couteau suisse : il était multifonctions.

Fils d'un professeur de lettres, George Gamow, plus exactement Georgi Antonovitch Gamow, naît le 4 mars 1904 en Ukraine, à Odessa, principal port de la mer Noire. Située entre deux fleuves, le Dniestr et le Dniepr, la ville ne tarde pas à devenir un foyer d'agitation révolutionnaire. En juin 1905, alors qu'un certain Albert Einstein vient juste de bouleverser les notions d'espace et de temps, une mutinerie éclate à bord d'un cuirassé de la flotte impériale russe amarré dans le port. Son nom ? *Potemkine*. Heureusement, le landau dévalant le grand escalier du port d'Odessa, lors de la fusillade, n'est pas celui du petit Georgi.

L'élève Gamow est doué et curieux. À l'âge de neuf ans, il se passionne une année entière pour la paléontologie, qui lui permet au moins, confiera-t-il plus tard, « de savoir distinguer un dinosaure d'un chat par la forme du petit orteil<sup>1</sup> ». Cet appétit de connaissances, cette boulimie même, ne le quittera jamais. Le jeune Gamow aime tant

1. George Gamow, *Trente années qui ébranlèrent la physique*, op. cit., préface, p. VII.

## TABLE DES MATIÈRES

Introduction .....	9
I. George Gamow, joyeux passe-frontières.....	17
II. Albert Einstein, un jeune homme à cheval sur les horaires .....	51
III. Paul Dirac ou la beauté silencieuse du monde....	81
IV. Les fantômes de Majorana .....	123
V. Les variations cachées de Wolfgang Pauli .....	153
VI. Paul Ehrenfest, l'oncle Socrate.....	191
VII. Erwin Schrödinger, l'homme des superpositions.	211
Bibliographie .....	235

**GF Flammarion**

---

08/06/138966-VI-2008 – Impr. MAURY Imprimeur, 45330 Malesherbes.  
N° d'édition N.01EHQN000245.N001 – Mai 2007. – Printed in France.

Extrait de la publication