



S C I E N C E S & H I S T O I R E

Konrad KLEINKNECHT

Traduit par François VANNUCCI



Einstein
LA CONTROVERSE QUANTIQUE
Heisenberg

edp sciences

Einstein et Heisenberg

La controverse quantique

Konrad Kleinknecht

Traduit par François Vannucci



17, avenue du Hoggar
Parc d'Activité de Courtabœuf, BP 112
91944 Les Ulis Cedex A, France

Sciences & Histoire

La collection Sciences & Histoire s'adresse à un public curieux de sciences. Sous la forme d'un récit ou d'une biographie, chaque volume propose un bilan des progrès d'un champ scientifique, durant une période donnée. Les sciences sont mises en perspective, à travers l'histoire des avancées théoriques et techniques et l'histoire des personnages qui en sont les initiateurs.

Dans la même collection

Vous avez dit : sabbat de sorcières ? – La singulière histoire des premiers Conseils Solvay
Franklin Lambert et Frits Berends, Préface par Thibault Damour
ISBN : 978-2-7598-2371-0

Mieux voir les étoiles – I^{er} siècle de l'interférométrie optique
Daniel Bonneau, Préface par Pierre Léna
ISBN : 978-2-7598-2362-8

Histoire de la vulgarisation scientifique avant 1900
Guy Vautrin
ISBN : 978-2-7598-2246-1

Hippolyte Fizeau – Physicien de la lumière
James Lequeux
ISBN : 978-2-7598-1196-0

Imprimé en France

ISBN (papier) : 978-2-7598-2381-9 – ISBN (ebook) : 978-2-7598-2382-6

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

Table des matières

Avant-propos	iii
Chapitre 1. La jeunesse d'Einstein	1
1.1. Le cimetière de Buchau	1
1.2. La famille à Ulm et Munich	2
1.3. L'élève du lycée Luitpold de Munich	4
1.4. Einstein à Aarau et Zurich	8
1.5. Expert auprès de l'Office des brevets de Berne	10
Chapitre 2. La jeunesse de Heisenberg	17
2.1. Les origines de Heisenberg	17
2.2. Les années scolaires à Würzburg et Munich	19
2.3. Les mouvements de jeunesse	23
2.4. Les études avec Sommerfeld	24
2.5. Heisenberg à Göttingen et Copenhague	28
Chapitre 3. Les années miraculeuses	35
3.1. Le calme avant le séisme des idées	35
3.2. L'« <i>annus mirabilis</i> » d'Einstein	38
3.3. Professeur à Zurich, Prague et Zurich à nouveau	51
3.4. La relativité générale et Berlin	57
3.5. La percée de Heisenberg en mécanique quantique	67
3.6. L'achèvement de la nouvelle théorie quantique	77
Chapitre 4. Les conséquences des découvertes	87
4.1. La cinquième Conférence Solvay de 1927	87
4.2. Conséquence de la théorie générale de la relativité	91
4.3. Enseignement et promotion	103
4.4. Conséquences de la mécanique quantique	108
Chapitre 5. L'expulsion et les années de guerre	117
5.1. Einstein et l'Allemagne	117
5.2. Le pacifisme d'Einstein, la bombe et le rapport Franck	123
5.3. Heisenberg, les années de guerre et l'Association Uranium	135
Chapitre 6. Les affinités électives	151
6.1. Les femmes d'Einstein	151
6.2. La famille de Heisenberg	162

Chapitre 7. Religion et rationalité	165
7.1. La religion d'Einstein	165
7.2. La philosophie religieuse de Heisenberg	168
Chapitre 8. Le rôle de la musique	171
Chapitre 9. Les dernières années	177
9.1. Einstein, le sage de Princeton et sa « théorie du champ unifié »	177
9.2. Heisenberg, conseiller de gouvernement	179
9.3. La dernière rencontre en 1954	183
Glossaire	185
Bibliographie	191

Avant-propos

La physique du xx^e siècle repose sur deux piliers fondamentaux. Dès le début du siècle, notre place dans l'Univers, l'origine et l'évolution du Cosmos, la nature de l'espace et du temps ont été consolidées par Albert Einstein en une nouvelle et révolutionnaire vision décrite mathématiquement par sa théorie de la relativité. Il a ainsi prédit un grand nombre de phénomènes cosmiques jusqu'alors inconnus qui ont été découverts empiriquement au cours du temps : déflexion de la lumière dans un champ gravitationnel, trous noirs, étirement du temps dans des objets à grande vitesse, ondes gravitationnelles. Peu de temps après, en soumettant la physique classique à une transformation radicale, Werner Heisenberg a pu expliquer le comportement des plus petits objets constitutifs de la matière. Avec sa mécanique quantique, il nous dévoile le monde des atomes, noyaux atomiques et particules élémentaires. La théorie a également permis de décrire les attributs physiques des molécules, des liaisons chimiques, des cristaux, de l'état solide et des semi-conducteurs ; elle constitue ainsi le fondement de la technologie informatique moderne. De plus, la découverte par Heisenberg du principe d'incertitude a des conséquences profondes sur la philosophie et l'épistémologie.

Ces deux grands savants ont tous deux grandi à Munich, où ils fréquentèrent l'école, et tous deux étaient amateurs éclairés de musique. Malgré ces points communs, il existe des différences significatives dans leurs modes de pensée : Einstein a soutenu qu'une théorie physique doit précisément prédire les événements physiques selon les règles de la causalité. En revanche, à partir de phénomènes atomiques et subatomiques, Heisenberg a conclu qu'une théorie ne peut que décrire des processus possibles et calculer leurs probabilités. Cette controverse commença en avril 1926 lorsque Heisenberg présenta pour la première fois sa mécanique quantique lors d'un colloque de physique à l'université de Berlin avec Einstein comme auditeur ; elle continua pendant la Conférence Solvay de 1927, et se prolongea jusqu'à leur ultime conversation de 1954. L'évolution de la physique montrera que Heisenberg, avec Bohr, avait raison.

Einstein ne nous a pas laissé d'autobiographie. Il pensait que de tels écrits résultaient soit du narcissisme de l'auteur, soit de sentiments négatifs envers le prochain. Nous devons donc nous limiter à sa correspondance et à ses biographies. Particulièrement authentiques à cet égard sont les descriptions de sa vie par son ami Philipp Frank, dans un livre écrit en allemand entre 1939 et 1941 aux États-Unis. Einstein lui-même y contribua par un avant-propos de 1942, il peut être considéré comme autorisé. La succession d'Einstein est conservée à l'Université hébraïque de Jérusalem et, depuis 1987, ses œuvres ont été rassemblées en plusieurs volumes publiés par Princeton University Press. De son côté, Heisenberg nous a donné un récit fascinant de sa vie de physicien et au-delà, dans lequel il décrit en particulier ses percées scientifiques. En outre, deux volumes de lettres à ses parents et à son épouse ont été publiés. Par l'intermédiaire de la Société Heisenberg, le reste de ses papiers a été transféré aux Archives de la Société Max Planck à Berlin. Sa correspondance scientifique avec son ami Wolfgang Pauli se trouve aux Archives Pauli de Genève. Ses articles scientifiques, ainsi que ses écrits plus

généralement accessibles, sont disponibles dans ses œuvres complètes, publiées par Springer et Piper.

Je tiens à remercier Mme Barbara Blum-Heisenberg d'avoir mis à ma disposition les illustrations relatives à Werner Heisenberg et de m'avoir parlé de sa relation à la musique. Hans A. Kastrup a attiré mon attention sur la lettre d'Albert Einstein envoyée à l'écrivain et philosophe Éric Gutkind concernant la religion, et Hans Sillescu et Thomas Schmieden m'ont donné de précieux conseils. Je tiens à remercier François Vannucci pour sa compétente et belle traduction française. Merci à Mme Sophie Hosotte pour la composition du livre, et pour sa collaboration toujours amicale et constructive.

Munich, juin 2019
Konrad Kleinknecht

Chapitre 1

La jeunesse d'Einstein

1.1. Le cimetière de Buchau

Entre de grands arbres centenaires se trouve le cimetière juif de l'ancienne ville impériale et libre de Buchau, dans le duché du Wurtemberg. Depuis 1659, les Juifs de la ville et des communautés environnantes de l'Oberland souabe y enterrent leurs morts. On y dénombre plus de 800 pierres tombales ou *Mazewot*, les inscriptions les plus anciennes sont patinées, celles plus récentes, à partir du XVIII^e siècle, sont faciles à lire. Les dernières funérailles eurent lieu en 2003.

Buchau était l'une des rares villes impériales dans le duché, socialement libérale, à côté de Laupheim, où les Juifs pouvaient vivre à partir du XVI^e siècle. C'est pourquoi nombreux furent-ils à s'y installer, venant de toute la région environnante. Jusqu'en 1760, la communauté n'avait pas de synagogue. En 1828, les Juifs devinrent citoyens du Wurtemberg avec tous les droits et devoirs afférents. Vers 1838, ils représentaient un tiers de la population de Buchau, c'était la deuxième communauté juive du Wurtemberg, composée d'environ 2 000 personnes.

En 1838, une nouvelle synagogue fut construite avec l'aide financière du roi wurtembourgeois Wilhelm et du prince Maximilien von Thurn und Taxis. Elle devint connue dans toute l'Allemagne parce qu'elle était la seule à posséder un clocher, à l'image des églises baroques environnantes, en particulier l'église catholique proche du pèlerinage de Steinhausen.

Le premier citoyen de Buchau portant le nom d'Einstein fut Baruch Moses Ainstein, admis dans la ville en 1665. Dans le cimetière, de nombreuses inscriptions funéraires mentionnent des membres de la famille : 99 y sont enterrés, en particulier Siegbert Einstein, un



Fig. 1-1 Pierres tombales dans le cimetière juif de Buchau, © Konrad Kleinknecht.

petit-neveu d'Albert Einstein, qui fut maire adjoint de la ville après 1946.

Le père d'Einstein, Hermann, est né le 30 août 1847 à Buchau, il était l'un des sept enfants d'Abraham et Hélène Einstein. Après avoir terminé ses études, il s'installa avec ses frères en 1869 à Ulm. Il y fit le commerce de duvet et plus tard, il dirigea l'entreprise avec ses associés Israël et Levi. En août 1876, il épousa à Cannstatt, près de Stuttgart, Pauline, fille de Julius Koch, marchand de grains et fournisseur de la cour royale du Wurtemberg. Après le mariage, le couple s'installa rue de la gare (Bahnhofstraße) à Ulm.

1.2. La famille à Ulm et Munich

Albert Einstein est né le 14 mars 1879 dans la Bahnhofstraße. Sa mère nota avec inquiétude qu'il avait une grosse tête, proéminente à l'arrière. Ce n'est qu'à l'âge de deux ans et demi qu'il commença à parler ; aujourd'hui, dans une crèche, on le qualifierait d'« exotique ». Trente-trois ans plus tard, la taciturnité était oubliée et le physicien Max von Laue mit en garde un collègue avant sa première rencontre avec Einstein en disant : « Faites attention qu'Einstein ne vous tue par ses paroles. Il aime faire ça ».



Fig. 1-2 Hermann et Pauline Einstein.

Son père Hermann était un homme contemplatif, un sentimental qui ne pouvait refuser une demande, mais qui n'était pas très entreprenant. Sa mère Pauline, née Koch, venait d'une famille aisée de Cannstatt. Elle avait de l'humour et jouait très bien du piano.

Deux ans et demi après Albert, en novembre 1881, naquit sa sœur Maria, surnommée Maja, avec laquelle il fut étroitement lié pendant toute sa vie.

Elle racontera ses expériences d'enfance dans une biographie. En particulier, elle remarqua la grande persévérance de son frère, quand il travaillait seul sur ses « projets ». Il s'exerçait à construire des châteaux et des forteresses à partir d'un kit de construction en pierres d'ancrage, à élaborer des figures en contreplaqué à l'aide d'une scie, et à construire des châteaux très instables avec des cartes. Le perçage de planches épaisses fut aussi plus tard l'un de ses points forts en physique.

Quand on cherche des talents particuliers en mathématiques ou en physique dans la parenté d'Albert, on trouve son oncle Jakob (1850-1912). Le frère cadet d'Hermann étudia l'ingénierie électrique à l'École polytechnique de Stuttgart et découvrit les lois de l'électrodynamique, les fameuses équations écrites par James Maxwell qui furent formulées dans leur forme finale en 1864. Jakob servit comme officier du génie pendant la guerre de 1870. Après la guerre, il décida de mettre à profit ses connaissances pour fonder une entreprise à Munich dont le but était la construction de générateurs pour moteurs électriques à courant continu. Il conçut lui-même ses machines et les fit construire dans son atelier.

Jakob persuada son frère Hermann de prendre une participation dans l'entreprise et de devenir directeur commercial. Hermann accepta et s'installa à Munich en juin 1880, d'abord au 3 Müllerstraße, où Jakob avait son entreprise et son appartement. L'« Usine électrotechnique » de J. Einstein & Cie proposait la « conception de systèmes de transmission électrique » ainsi que des systèmes d'éclairage électriques, à partir de dynamos, la transmission de puissance et l'électrolyse. Ce fut un succès. L'exposition internationale d'électricité de 1882, organisée par Oskar von Miller, fondateur du Musée allemand, tenue au Glaspalast de Munich, mit la nouvelle technologie au centre de l'intérêt. La société Einstein & Cie. présenta ses dynamos ainsi qu'un standard téléphonique. En 1885, les Einstein achetèrent un



Fig. 1-3 Albert Einstein avec sa sœur Maria (Maja) en 1885, © Bildarchiv Preußischer Kulturbesitz, Berlin (BPK).



Fig. 1-4 La maison de la famille Einstein rue Adlzreiter à Munich, © Konrad Kleinknecht.

nouveau bâtiment dans la Lindwurmstraße, ils habitaient au 14 Adlzreiterstraße, qui porte aujourd'hui une plaque commémorative.

La famille au complet était réunie dans la maison, Hermann et Pauline avec Albert et Maria au bel étage, le premier, l'oncle Jakob avec son épouse Ida et le père de Pauline, Julius Koch, au rez-de-chaussée. Les deux familles dînaient ensemble, et bien sûr l'oncle Jakob parlait de son expertise, l'électrodynamique et ses applications. Albert était probablement le seul élève de 15 ans en Allemagne à entendre parler des équations de Maxwell pendant le déjeuner. Il dut remarquer le fait étrange qu'un nombre c , la vitesse de la lumière, apparaît déjà dans ces équations. Son grand intérêt était en mathématiques, où l'on pouvait vérifier directement l'exactitude des calculs. Il détenait un petit livret, sacré pour lui, contenant les propositions de la géométrie euclidienne. Une autre expérience importante vint d'une boussole que son père lui montra. La force qui fait tourner l'aiguille vers le nord fascinait le garçon. Il voulait comprendre ce phénomène mystérieux.

Mais d'abord, en 1885, Albert dut aller à l'école catholique Saint-Pierre, où un régime strict régnait. La discipline ne lui plaisait pas du tout, il n'aimait pas rabâcher ce qu'il avait appris par cœur, mais voulait réfléchir par lui-même. Il était le premier de la classe et son intelligence lui valait le respect. Néanmoins, il fut le seul juif de la classe à participer à l'enseignement religieux catholique et à apprendre les récits bibliques de l'Ancien et du Nouveau Testament.

1.3. L'élève du lycée Luitpold de Munich

En octobre 1888, Albert entre au lycée Luitpold. Parmi ses camarades de classe se trouvaient Robert Kaulbach, membre d'une célèbre famille de peintres, et Paul Marc, le frère aîné de Franz Marc. Avec Wassily Kandinsky, Franz Marc est devenu un novateur en peinture, comme Einstein en physique ; on lui doit la fondation du Cavalier bleu. Au lycée, Einstein était un élève exceptionnel, qui brillait surtout en mathématiques.



Fig. 1-5 Le lycéen Albert Einstein à 14 ans à Munich, © BPK, Berlin.

Il n'aimait aucune autorité et détestait la mémorisation mécanique du vocabulaire latin et grec. Mais lorsque les contenus de la culture antique étaient enseignés, il en était enthousiasmé. C'est le professeur Ruess qui l'impressionna le plus, car il sut transmettre d'une manière vivante les idées anciennes et leurs effets sur la culture allemande. Les réflexions des philosophes grecs sur la Nature et leurs spéculations sur les symétries de la géométrie et les lois mathématiques, étaient en accord avec la nature artistique d'Einstein. C'est pourquoi Albert eut toujours de bonnes ou même d'excellentes notes dans les langues anciennes. Le professeur Ruess enseignait également la littérature allemande, et Einstein se souvient surtout de la lecture de *Hermann et Dorothee* de Goethe. Mais les drames de Schiller avec leurs héros romantiques recueillaient aussi son suffrage.

Le rejet d'Einstein de toute forme d'autorité conduisit à une relation tendue avec certains enseignants. Il avait aussi la particularité de faire sentir aux professeurs sa supériorité intellectuelle. Plus tard, quand il étudia à l'École polytechnique fédérale suisse, il se comporta de la même manière. Un de ses professeurs lui dit : « Tu es un garçon intelligent, Einstein, un garçon très intelligent. Mais tu as un gros défaut, tu ne sais pas écouter. »

Son scepticisme à l'égard des autorités était également alimenté par la prise de conscience que les vérités religieuses de la Bible « ne pouvaient pas être justes » si l'on examine de plus près le contexte scientifique. Au lycée bavarois, l'instruction religieuse était obligatoire, il y avait un cours de « Religion israélite », auquel il participait. Cette fois, il n'était pas seulement un auditeur non impliqué, comme dans l'enseignement religieux catholique à l'école primaire, mais un participant régulier. Les parents d'Einstein ne pratiquaient pas les traditions du judaïsme, mais il fut introduit au Talmud et à l'Ancien Testament, comme auparavant à l'école primaire au Nouveau Testament. Bien sûr, les étudiants devaient assister au service dans la synagogue. Einstein pensait que c'était une obligation formelle de routine. À l'âge de douze ans, il avait lu des livres de vulgarisation scientifique, par exemple les livres folkloriques sur les sciences naturelles d'Aaron Bernstein. Il prit conscience de la contradiction entre les récits bibliques et la science. Il devint un esprit libre. La conclusion qu'il tira de cette prise de conscience fut la suivante : si l'on ment délibérément aux jeunes dans leur éducation religieuse, alors peut-être que les vérités contenues dans les manuels scolaires sont également fausses. Sa méfiance à l'égard de toute forme d'autorité se confirma. Il songea même à quitter la communauté religieuse juive après l'école secondaire, mais ce n'est que plus tard qu'il sautera le pas.

Son oncle Jakob, avec qui il échangeait constamment, eut une influence considérable sur Einstein. Il soumit à Albert des devoirs de mathématiques en ajoutant qu'ils étaient trop difficiles pour le garçon. Bien sûr, Albert s'empressait de les résoudre. Lorsque son oncle mentionna le théorème de Pythagore, Albert releva le défi à 12 ans. Cela lui prit trois semaines, mais il ne lâcha pas prise avant d'avoir trouvé la solution.

Il dépensait également toute son énergie pour la musique dès qu'un morceau harmonique l'émouvait. Alors qu'au cours des premières années de violon, il faut construire les conditions techniques nécessaires à la maîtrise de l'instrument, la pratique est souvent ennuyeuse et musicalement improductive. Albert n'avait guère envie de cela. Mais dès qu'il découvrit les grandes œuvres, son intérêt s'accrut, ce qui le poussa à acquérir les moyens techniques nécessaires pour les jouer, en particulier les sonates pour violon de Mozart, qu'il adorait. Son amour de la musique perdura tout au long de sa vie.

Pendant ce temps, la compagnie d'électricité J. Einstein & Cie faisait de bonnes affaires. Albert se promenait occasionnellement dans l'usine et apprenait à appliquer la théorie de l'électromagnétisme. Lorsqu'il prenait conscience d'un problème de production, sur lequel oncle Jakob s'était cassé les dents, il trouvait la solution en peu de temps, à la grande fierté de son oncle.

Afin de faire connaître leur entreprise, les Einstein posèrent une ligne entre leur usine de Lindwurmstraße et Theresienwiese, en 1885, à l'occasion de l'Oktoberfest. Les tentes du festival étaient éclairées à l'électricité grâce aux dynamos d'Einstein, mais des lampes à pétrole étaient également utilisées. Après un incendie causé par une telle lampe, lors de l'Oktoberfest de 1887, l'éclairage fut complètement converti à l'électricité dès 1888, et la société Einstein reçut la commande. La même année, la conversion de l'éclairage public du quartier Schwabing de Munich du gaz à l'électricité fit l'objet d'un appel d'offres et l'entreprise Einstein se vit à nouveau attribuer le contrat. Le nouvel éclairage fut inauguré en grande pompe en février 1889. La célébration se termina par des feux d'artifice, et Jakob Einstein remit solennellement l'ouvrage à la ville de Munich.

À cette époque, l'entreprise Einstein employait 200 ouvriers, la famille s'enrichissait. Mais dès les années suivantes, de puissants concurrents apparurent sur la scène, parmi lesquels Schuckert & Co de Nuremberg, AEG et Siemens & Halske, qui utilisaient la technologie en courant alternatif. En 1892, l'ensemble du système d'éclairage public munichois fut mis au concours et tous les concurrents soumièrent des offres. L'offre la plus basse de Schuckert fut acceptée, le prix demandé par J. Einstein & Cie étant beaucoup trop élevé.

Après cet échec, l'entreprise Einstein dut licencier de nombreux employés, la concurrence reprit les commandes lucratives. Au cours de l'été 1894, Hermann et Jakob décidèrent de liquider leur affaire et de repartir à zéro en Italie, où vivaient des parents. Ils ouvrirent une succursale à Pavie.

Après le déménagement de ses parents en Italie, Albert dut rester seul à Munich pour passer son diplôme d'école secondaire comme condition préalable à la poursuite des études. À l'automne, il entra en 7^e année (aujourd'hui 11^e année) du lycée. Comme il ne s'entendait pas avec le chef de classe et que les méthodes d'apprentissage trop

formel lui semblaient insupportables, la décision de quitter l'école lui vint à l'esprit. Un motif supplémentaire pourrait être aussi qu'il deviendrait plus difficile, après la 16^e année, de renoncer à la nationalité allemande (ou wurtembourgeoise) et d'éviter le service militaire. Albert obtint un certificat d'un médecin ami qui disait qu'il souffrait d'anxiété. C'est pourquoi six mois de vacances avec ses parents en Italie seraient bénéfiques. Sachant qu'il aurait besoin d'un diplôme, on lui remit un certificat de mathématiques attestant de ses connaissances extraordinaires dans ce thème, pour pouvoir s'inscrire dans un autre lycée.

Il fut étonnamment facile de quitter le lycée Luitpold parce que le comportement d'Albert faisait sensation : en décembre 1894, un professeur lui demanda de partir parce que sa simple présence gâchait la discipline dans la classe. Le 29 décembre 1894, il quitta l'école et alla vivre avec ses parents en Italie.

1.4. Einstein à Aarau et Zurich

Après sa fuite de Munich, Einstein rejoignit sa famille et vécut en Italie pendant six mois. Il expliqua à son père qu'il voulait renoncer à sa citoyenneté du Wurtemberg et quitter la communauté religieuse juive. À l'été 1895, il n'avait aucune idée claire de la suite à donner à sa vie. En attendant, il songeait à rejoindre l'entreprise de son père. Il abandonna cette idée lorsqu'il vit que l'entreprise ne se développait positivement ni à Pavie, ni à Milan. Il réalisa alors qu'il devait planifier son avenir professionnel. Il voulait étudier à l'École polytechnique de Zurich, l'une des meilleures universités techniques d'Europe. Son père parla à un ami vivant à Zurich, qui contacta le directeur de l'École en personne. Ceci lui permit de passer l'examen d'entrée aux études de mathématiques et physique. À cet examen, Albert brilla dans les matières scientifiques, mais sa connaissance des langues vivantes, de la littérature, de la zoologie et de la botanique était insuffisante. Il ne fut pas accepté.

Un bon conseil vint du directeur de l'École polytechnique, Albin Herzog. Celui-ci était d'avis que même « les petits génies » (*Wunderkinder*) devaient d'abord être diplômés de l'école secondaire et il recommanda l'école

cantonale d'Aarau. Cette école secondaire était très bien équipée, avec un laboratoire de physique et de chimie, une collection zoologique et du matériel d'illustration géographique, il y avait même un microscope disponible. Einstein eut la chance d'être accepté, et vécut comme pensionnaire dans la maison même d'un professeur, Jost Winteler, qui enseignait le grec et l'histoire. Winteler s'occupa de lui, l'emmenant avec ses deux enfants faire des excursions en montagne, et Einstein eut de nombreuses conversations avec lui sur la politique en Suisse démocratique par rapport à l'Allemagne impériale.

Après un peu moins d'un an, Einstein fut diplômé à l'école cantonale. En septembre 1896, les examens écrits furent suivis par la partie orale. Dans un essai en français sur « Mes projets d'avenir », le jeune homme de 17 ans déclara vouloir étudier la physique et les mathématiques et devenir professeur de physique théorique. Pendant son séjour à Aarau, il tourna le dos à la carrière d'ingénieur de son père, à l'instar de son oncle Jakob, et découvrit sa véritable inclination qui le portait vers une vision théorique de la Nature.

Il obtint son diplôme de fin d'études avec la meilleure note de sa catégorie. En géométrie et algèbre, il eut la note la plus élevée 6, en physique 5 sur 6. Il y avait une différence de notation avec l'Allemagne, ce qui plus tard conduira à une certaine confusion, et certains rapports allemands parlent d'Einstein comme d'un mauvais élève. Il était peut-être réconfortant pour les autres élèves de penser que le célèbre génie fut un échec scolaire, mais c'est le contraire qui est vrai.

Pendant la période à Aarau, une relation particulièrement intime s'était développée avec la fille du professeur Winteler, Marie. Elle avait deux ans de plus que lui et aimait Albert avec enthousiasme. Mais dès qu'Einstein eut en poche son certificat de fin d'études en Suisse, il se rendit à l'École polytechnique de Zurich. Il y commença ses études en octobre 1896. Il devait s'y concentrer pleinement et il n'avait le temps pour aucune distraction. Ses études exigeaient tout son « effort mental » et il voulut échapper à d'éventuelles complications ; il évita de se rendre à Aarau lors de visites ultérieures. Le lien avec la famille Winteler est toutefois demeuré, d'autant que Maja, la sœur d'Albert, épousa plus tard le fils cadet, Paul Winteler.



Fig. 1-6 Mileva Marić en 1900 à Zurich, © BPK, Berlin.

L'École polytechnique de Zurich (EPF) était la seule université financée par la Confédération, contrairement aux universités gérées par les cantons. Elle occupe un magnifique bâtiment conçu par Gottfried Semper de Dresde. Einstein s'inscrivit au programme d'études « Maîtrise de mathématiques et de sciences naturelles ». Parmi la douzaine d'étudiants de cette filière se trouvait une jeune femme, la Serbe Mileva Marić.

Einstein était très intéressé par les conférences du professeur Heinrich Friedrich Weber sur la thermodynamique, mais pas du tout par le cycle « Cours de physique pour débutants », qui enseignait les bases de la physique expérimentale. Il reçut une réprimande « à cause de son manque de diligence » et la pire note, 1. Il négligea également l'enseignement des mathématiques parce qu'il pensait que sa connaissance était suffisante. Pour cette raison, plus tard, il dut souvent faire appel à l'aide de mathématiciens pour formuler son travail théorique.

Pendant ses études, Mileva devint rapidement plus qu'une camarade de classe compréhensive. Elle partagea ses intérêts scientifiques. Mileva alla étudier un semestre à Heidelberg. Dans les lettres qu'il lui adressait, il l'encourageait à revenir : il serait très heureux de continuer à étudier avec elle, et il lui conseillait de le rejoindre dès que possible. Après son retour, les deux continuèrent séparément leurs études, ce n'est qu'au cours de la dernière année d'études qu'ils commencèrent à utiliser le confidentiel « Tu » ; il l'appelait sa *Doxerl*, et elle son *Johonserl*.

Les deux mémoires proposés par le professeur Weber portaient sur la « conduction thermique » et n'avaient « aucun intérêt pour Albert ». À l'examen écrit, Einstein obtint une moyenne de 4,91, juste suffisante, Mileva obtint 2,5, insuffisante, et ne reçut pas le diplôme. Elle dut repasser les examens l'année suivante, mais de nouveau échoua.

1.5. Expert auprès de l'Office des brevets de Berne

Après son examen d'attaché à l'École polytechnique de Zurich en juillet 1900, Einstein espérait obtenir un poste d'assistant auprès de son professeur Heinrich Friedrich Weber. Il était clair pour lui qu'il voulait épouser Mileva,

donc se posait la question de savoir comment gagner sa vie. Il avait en tête une carrière universitaire en Suisse, et il pouvait supposer que la citoyenneté suisse serait un avantage. Il était apatride depuis qu'il avait renoncé à sa nationalité wurtembergeoise et donc allemande. Il avait économisé la somme de 600 francs, nécessaire pour demander la nationalité helvétique. La commission de naturalisation de la ville de Zurich s'intéressa surtout à la situation financière du candidat. Après qu'il eut pu présenter la somme et que les autorités cantonales eurent également donné leur accord, il devint citoyen de la ville de Zurich et donc citoyen suisse en février 1901. Bien qu'il ait été examiné en vue de la naturalisation, il fut déclaré inapte physiquement à cause de varices, pieds plats et transpiration des pieds. Il fut ainsi exempté des exercices militaires qu'il avait fuis en Allemagne. De cette manière, l'image positive de la Suisse démocratique transmise par son professeur Winteler à Aarau resta intacte. Mais de nature et de langue, il restait souabe.

Albert n'obtint pas le poste d'assistant espéré chez le professeur Weber, et les candidatures qu'il envoya à de nombreux instituts européens ne furent pas retenues. Il contacta Friedrich Wilhelm Ostwald à Leipzig et Heike Kamerlingh Onnes à Leiden sans recevoir de réponse. Il était complètement inconnu dans le monde universitaire et n'avait même pas décroché son doctorat. Fait remarquable, plus tard, en 1910, Ostwald fut le premier à proposer Einstein pour le prix Nobel. Il dut donc postuler pour un emploi d'enseignant. Il en trouva un premier pour une courte durée en 1901 en tant qu'aide enseignant dans un lycée de Winterthour. En automne, il eut la possibilité d'accepter un poste de professeur privé au service d'un professeur de mathématiques dans un lycée à Schaffhouse. Il devait préparer un élève à un examen en lui donnant des cours particuliers. L'activité lui laissait assez de temps libre pour écrire en deux mois une thèse sur la théorie cinétique des gaz, qu'il soumit à l'université de Zurich. Elle ne fut pas acceptée. Il ne pouvait pas la soumettre à l'École polytechnique, qui n'était pas habilitée à décerner un doctorat.

Pendant ce temps, sa petite amie Mileva restait à Zurich, retournant chez ses parents en juillet 1901 dans la ville serbe de Novi Sad, qui appartenait à l'Autriche-Hongrie. Elle était tombée enceinte d'Albert et n'avait pas réussi l'examen diplômant lors de la deuxième tentative.

Elle savait aussi que les parents d'Albert la rejetaient en tant que belle-fille. Ils écrivirent aux parents de Mileva qu'ils la refusaient comme épouse. En octobre, Mileva rendit visite à Albert à Schaffhouse, mais séjourna dans un hôtel à Stein am Rhein par discrétion. Après deux semaines, elle retourna à Novi Sad et donna naissance à une fille en janvier 1902. Albert lui écrivit en février pour lui demander des nouvelles de l'enfant. Entre-temps, il avait appris de son ami Marcel Grossmann qu'il pouvait postuler à un poste de fonctionnaire au bureau de l'Office de la propriété intellectuelle, l'Office fédéral des brevets de Berne. Grossmann organisa une rencontre avec le directeur de l'Office, Friedrich Haller. Einstein envoya ensuite sa candidature, étant presque sûr d'obtenir le poste. Il quitta Schaffhouse en coup de vent pour s'installer à Berne. Dans cette situation, il ne voulait pas que Mileva vienne avec l'enfant à son retour en Suisse ; il craignait probablement qu'un enfant illégitime puisse compromettre sa nomination à un poste de fonctionnaire. En outre, selon le droit zurichois de l'époque, il n'était possible de reconnaître un enfant illégitime qu'au moyen d'une procédure d'adoption formelle, ce qui aurait provoqué un certain remue-ménage. L'enfant que ses parents appelèrent Lieserl est donc resté à Novi Sad. Après l'été 1903, il n'y a eu aucune lettre à son sujet. Elle était systématiquement tenue secrète, et Einstein ne parla plus jamais d'elle de sa vie. Son destin est controversé. Il est possible qu'elle ait été amenée en Allemagne et adoptée par un couple Giessler, et qu'elle ait vécu sous le nom de Marta Zolg, née Giessler, à Bietingen près de Constance jusqu'en 1980.

En juin 1902, le Conseil fédéral décida finalement de l'engager à l'Office des brevets de Berne. Ce poste de fonctionnaire convenait beaucoup mieux à Einstein que l'enseignement car, en plus de son travail d'examineur de brevets, il disposait de beaucoup de temps libre pour ses propres recherches.

Il trouva également facile le travail demandé, car, en tant qu'apprenti dans l'entreprise de son père, Einstein & Cie de Munich, il s'était familiarisé avec les détails techniques des générateurs et des moteurs électromagnétiques, ce qui lui permettait de travailler facilement sur l'examen des brevets. Einstein jugea que le travail d'évaluation des demandes était extrêmement varié et lui donnait beaucoup à réfléchir. Dans une expertise reçue,



Fig. 1-7 Einstein à l'Office des brevets de Berne en 1905, © BPK, Berlin.

Helmut Rechenberg, *Werner Heisenberg – Le langage des atomes*, volumes 1 et 2, Springer, Heidelberg 2010.

Michael Schaaf, *Heisenberg, Hitler and the bomb, Talks with contemporary witnesses*, GNT-Verlag, Berlin-Diepholz 2001.

Gregor Schiemann, *Werner Heisenberg*, C.H. Beck, Munich 2008.

Richard von Schirach, *La nuit des physiciens*, Berenberg Verlag, Berlin 2001.

Leonardo Sciascia, *La disparition de Majorana*, Allia, 2012.

Edward Teller, *Heisenberg has sabotaged the atomic bomb*, Entretien avec Michael Schaaf, p. 114 dans Schaaf (2001).

Einstein

LA CONTROVERSE QUANTIQUE

Heisenberg

Konrad KLEINKNECHT

Traduit par François VANNUCCI

Ce récit fascinant est celui de deux grands scientifiques du XX^e siècle : **Einstein et Heisenberg** qui ont découvert, respectivement, la théorie de la relativité et celle de la mécanique quantique. Il relie l'histoire de la physique moderne aux histoires de la vie de ces deux physiciens extraordinaires. Leurs découvertes ont posé les bases de la physique moderne, sans laquelle notre monde numérique composé d'ordinateurs, de satellites et de matériaux innovants n'aurait pas été possible.

Ce livre décrit également en termes accessibles la science complexe qui sous-tend ces deux découvertes. La biographie jumelle met en évidence les parallèles et les différences de ces deux personnalités, montrant comment leur travail a fait du XX^e siècle le siècle de la physique.

***Konrad Kleinknecht** est professeur de physique, il a fait des recherches au CERN à Genève, au Caltech de Pasadena et au Fermilab près de Chicago. Ses travaux sur la physique des particules élémentaires ont été récompensés par de nombreux prix (prix Leibniz, prix Gentner-Kastler, médaille Stern-Gerlach...). Outre ses travaux de recherche, il a publié des ouvrages sur l'asymétrie de la matière et de l'antimatière et sur les détecteurs de particules.*

***François Vannucci**, normalien, a préparé une thèse au CERN et un postdoc à Stanford où il a participé à l'expérience qui découvrit le charme et le méson tau. De retour en Europe, il a initié plusieurs expériences en neutrinos au CERN et à Brookhaven. Aujourd'hui émérite, il consacre son temps à l'écriture d'ouvrages de vulgarisation.*



ISBN : 978-2-7598-2381-9

www.edpsciences.org

edp sciences