

Einstein, sa vie, sa pensée (Einstein, actuel ou dépassé?)*

MICHEL PATY, Equipe REHSEIS (Recherches Epistemologiques et historiques sur les sciences exactes et les institutions scientifiques), CNRS, Paris.

Recebido para publicação em 21/2/1985

RESUMO. *Einstein, sua vida, seu pensamento (Einstein, atual ou ultrapassado?).* A ciência contemporânea, e em particular a física, parece, se nos prendemos às aparências, bem longe de Einstein, de sua obra, de sua prática de sábio, de suas concepções. No entanto, essa ciência construída, desde os primeiros vinte e cinco anos do século vinte, em grande parte, sobre a obra de Einstein, parece depois enterrá-la sob suas camadas sedimentares. Por outro lado, o mito que se construiu em torno de Einstein mascara, por sua vez, a figura viva do homem e o significado real de sua obra. A partir dessa dupla constatação, propomo-nos a alguns esclarecimentos sobre o homem e sua obra, que, contornando o mito e ultrapassando as primeiras impressões, nos fazem redescobrir ou reconhecer a modernidade de Einstein em sua obra, cuja atualidade aparece nos desenvolvimentos mais recentes da física e da cosmologia, e ainda nos debates da filosofia das ciências, no movimento mesmo de sua busca profunda. Essa percepção desemboca na necessidade — e na possibilidade — de ultrapassar a clivagem tradicional, embora relativamente recente, entre a ciência e a cultura.

RESUME. La science contemporaine, et en particulier la physique, semble, si l'on s'en tient aux apparences, bien loin d'Einstein, de son oeuvre, de sa pratique de savant, de ses conceptions; pourtant, elle s'est édifíée dès le premier quart du vingtième siècle en grande partie sur cette oeuvre même, qu'elle semble depuis ensevelir sous ses couches sédimentaires. Par ailleurs, le mythe qu'on a construit autour d'Einstein masque à la fois la figure vivante de l'homme et la signification réelle de son oeuvre. A partir de ce double constat, l'on propose quelques éclairages sur l'homme et sur l'oeuvre qui, retournant le mythe et dépassant les impressions premières, nous font redécouvrir ou reconnaître la modernité d'Einstein, dans son oeuvre dont l'actualité apparaît dans les développements les plus récents de la physique et de la cosmologie, ainsi que dans les débats de la philosophie des sciences, comme dans le mouvement même de sa quête profonde. Cet aperçu ouvre sur la nécessité — et sur la possibilité — de dépasser le clivage, traditionnel quoique relativement récent, entre la science et la culture.

ELOIGNEMENT ET MYTHE

La science contemporaine, dans son développement rapide et multiforme, semble bien loin d'Einstein, de sa pratique de savant relativement solitaire, de sa conception de l'activité scientifique

comme une activité de création assez proche de la création artistique, et même de ses théories qui, pour constituer les bases de la physique contemporaine, n'en paraissent pas moins ensevelies peu à peu sous les couches sédimentaires de tant de savoirs plus récents qui les porteraient au rang d'objets paléontologiques de simples témoins — désuets dans leur formulation — d'anciennes façons de penser. On reconnaît volontiers en Einstein le Newton des temps modernes, mais l'hommage est souvent mitigé: il serait le "dernier

* Conférence donnée aux centres culturels français d'Algérie: Oran, Tlemcen, Alger, Annaba, Constantine, du 14 au 18 janvier 1984.

des grands savants du dix-neuvième siècle". C'est qu'à première vue, en effet, les sciences contemporaines, et notamment la physique, semblent avoir pris, dans les trois directions évoquées, des chemins décidément contraires à ceux suivis par Einstein au cours de la première moitié de ce siècle.

Au savant travaillant seul elle oppose une recherche collective, organisée, d'ailleurs hiérarchisée et morcelée, dont les méthodes s'apparentent souvent à celles de la grande industrie, comme on le voit dans les cas extrêmes de la physique des particules élémentaires, de l'astrophysique — et, en débordant la physique, de la biologie moléculaire. A la recherche scientifique comme création, elle oppose ces réalités que sont le caractère social de l'activité de recherche scientifique (qui se marque dans la structure des grands laboratoires, dans l'organisation de la recherche aux niveaux national et international, dans ses contraintes et ses nécessités techniques, son financement, sa programmation, sa productivité en termes de résultats etc. . .), la fonction sociale de la science, bien différente en nature de ce qu'elle était il y a seulement un siècle, et le caractère de force productive qui est désormais le sien. Aux recherches théoriques d'Einstein, orientées par la préoccupation d'une unité du monde physique, elle oppose, dit-on, tout en se fondant sur cette physique quantique et sur ces théories de la relativité qu'il a, même pour la première, largement contribué à créer, des développements dans des sens bien différents de ce qu'il aurait souhaité: qu'il suffise de considérer l'assurance prise par la mécanique quantique qu'il avait critiquée, ou les particules élémentaires, comptées par centaines, et dont la théorie repose sur cette même mécanique quantique, ou la multiplication des objets et de la complexité du cosmos — ne voulait-il pas la ramener à une seule équation fondamentale? — ou, pis encore, la physique macroscopique, qui se fonde sur des considérations de processus stochastiques, de la physique du solide à l'étude des prévisions météorologiques, alors qu'il désirait bannir le hasard de la science. . .

Pourtant, en même temps, par un curieux phénomène, tandis que la science du vingtième siècle prenait ces voies en apparence si différentes de la voie einsteinienne, se développait dans un très large public le mythe d'Einstein comme type du savant, un mythe qui fonctionne encore dans l'imaginaire social. Sur ce mythe, qu'il serait par

ailleurs intéressant d'analyser quant aux raisons qui l'ont fait naître et qui l'ont favorisé — nouveau rôle de la science dans la société, défi de caractère inédit lancé par elle à la culture, importance grandissante des moyens de communication propres à l'amplifier, . . . — sur ce mythe et sa nature, je m'en tiendrai à évoquer une anecdote souvent rapportée. A la première de la projection des *Lumières de la ville*, à laquelle Charlie Chaplin avait invité Einstein, le public, les reconnaissant, les acclama tous deux; Charlot dit alors à Einstein: "Si l'on vous applaudit, c'est que personne ne vous comprend, et moi, parce que tout le monde me comprend". Charlie Chaplin exprimait ainsi, d'une manière lapidaire, la vérité même du mythe du savant. Sous le mythe d'Einstein, en effet, se tient l'image d'une science ésotérique, inaccessible, réservée à un petit nombre d'initiés. Après l'observation de l'éclipse de 1919, dont nous reparlerons, qui fournissait l'étonnante confirmation de la relativité générale, l'idée se répandit que "quelques personnes seulement comprennent les théories d'Einstein". Elle avait encore cours il n'y a pas si longtemps, alors qu'existaient déjà des manuels qui mettaient la Relativité générale à la portée d'un grand nombre. Sous le mythe, par-delà cette image de la science, c'est évidemment la figure de l'homme qui est en premier lieu altérée: le mythe nous propose l'image d'un personnage hors du commun, étranger à la foule, doué de pouvoirs spéciaux qui lui donnent un accès privilégié à la vérité et à la maîtrise sur la nature. Le mythe irait même jusqu'à considérer que le cerveau d'Einstein est différent de celui des autres hommes; et je soupçonne fort que si Einstein a accepté qu'il soit conservé après sa mort, c'est pour donner la démonstration qu'il n'est pas différent de celui du commun des mortels. Mais le mythe, qui vise à l'épique, verse dans le rocambolesque: le cerveau d'Einstein aurait disparu! et le mythe peut alors fleurer.

Einstein, du moins, ne se faisait aucune illusion quant à cette image que l'on donnait de lui, et garda toujours sur le phénomène de mythification une totale lucidité. Ainsi écrivait-il à un correspondant, peu après l'observation de l'éclipse de 1919: "Avec la gloire, je deviens de plus en plus stupide, ce qui, bien sûr, est un phénomène très courant. Il y a une bien trop grande disproportion entre ce que l'on est, et ce que les autres pensent que l'on est, ou du moins ce qu'ils disent qu'ils pensent que l'on est. Mais il nous faut prendre tout cela avec

bonne humeur¹. Une écolière d'Afrique du Sud lui écrivit, en 1946: "Je vous aurais probablement écrit depuis très longtemps, mais je ne savais pas que vous étiez encore vivant. L'histoire ne m'intéresse pas et je pensais que vous aviez vécu au XVII^e siècle, ou dans les eaux-là. J'ai dû vous confondre avec Sir Isaac Newton ou un autre". Et Einstein de répondre, avec son humour bien particulier: "Merci pour votre lettre du 10 juillet. Je vous prie de m'excuser de faire encore partie du monde des vivants; il y aura un remède à cela, cependant"².

Peut-être d'ailleurs est-ce cet humour, cette profonde humanité d'Einstein, transcendant le mythe, qui inspirait tant de confiance à son égard de la part d'innombrables correspondants qui lui écrivaient du monde entier pour avoir de lui un avis sur des sujets bien éloignés le plus souvent des questions scientifiques, que ce soit un rabbin de Brooklyn l'interrogeant sur la philosophie de Maïmonide, un humble citoyen de l'Inde lui disant son désir d'entrer dans une carrière scientifique, ou une étudiante qui lui faisait part de difficultés en mathématiques. A cette dernière il répondit: "Ne vous inquiétez pas pour vos difficultés en mathématiques; je peux vous affirmer que les miennes sont encore plus grandes"³. On sait combien Einstein était sincère en écrivant cela, alors qu'il était depuis des années aux prises avec des difficultés insurmontables dans ses essais de formuler les équations d'un champ unitaire; pourtant la disproportion des difficultés est telle que la réponse nous fait sourire. Mais sans doute pour Einstein n'y avait-il pas fondamentalement une si grande différence.

Pourtant, malgré la modestie de l'homme et sa simplicité légendaire, l'image persiste de l'apprenti-sorcier, du magicien de la science rationnelle, de la connaissance scientifique hors de portée de la plupart des humains. Certes, Einstein ne prétendait

pas que les découvertes importantes peuvent être faites par n'importe qui et n'importe quand; mais il savait et proclamait qu'elles ne sont pas l'apanage d'une caste. Il avait de la recherche scientifique une conception qui lui était propre: celle d'une quête individuelle dans laquelle l'on n'est jamais sûr du succès. Lui-même avait d'ailleurs le sentiment d'un échec de ses recherches menées au cours des trente dernières années de sa vie: en ce sens du moins, qu'il n'était pas parvenu au résultat final recherché. L'attitude propre à une telle quête était tout le contraire d'un élitisme: une disponibilité d'esprit, une préoccupation qu'il n'hésitait pas à dire d'ordre spirituel, mais sans idéalisme au sens philosophique. Il écrivait à sa sœur, en 1936: "Comme au temps de ma jeunesse, je m'assied dans un endroit, et, sans fin, je réfléchis et je calcule, espérant exhaler de profonds secrets"⁴. Ici, il n'est nulle garantie de résultats qui soient en nature importants. Cette attitude, qui constitue pour Einstein l'essence de l'esprit de recherche, est bien entendu différente de ce qui est requis aujourd'hui quand on considère la recherche scientifique comme une activité sociale⁵. Mais si on ne la réduit pas à cet aspect — et sans doute est-il nécessaire de ne pas l'y réduire, si l'on veut en voir sortir du nouveau — sans doute une attitude comme celle prônée (ou plutôt "exemplifiée") par Einstein est-elle à préserver: pourrait-on sans cela parler d'une recherche de la vérité? Mais on peut, bien sûr, déclarer une telle perspective utopique: pour obtenir quelle science, au bout du compte?

Quoiqu'il en soit de la raison exacte et des formes prises par le mythe qui a auréolé et en même temps caché Einstein, sa source profonde est sans doute à rechercher, à l'ère des média commençants, dans la prodigieuse apparition visible de l'importance de la science, non pas pour son aspect de recherche intellectuelle, mais pour sa capacité à

1. J'emprunterai plusieurs citations, brèves et percutantes, aux papiers d'Einstein, recueillis dans ses archives (à Princeton et à Jérusalem); elles ont été publiées dans l'ouvrage suivant: B. Hoffmann et H. Dukas, *Albert Einstein, the human side: new glimpses from his archives*, Princeton Univ. Press, Princeton, New York, 1979; trad. fr. Einstein: *Correspondance*, (trad. par Caroline André), Interéditions, Paris, 1980, p. 17. Ici, voir p. 17.

2. Ibid, p. 137 (lettre d'Einstein du 25.8.1946).

3. Ibid, p. 18.

4. Ibid, p. 27.

5. "La science est une chose merveilleuse si on ne doit pas gagner sa vie en l'exerçant; on devrait gagner sa vie par un travail dans lequel on est sûr d'être compétent; nous ne trouvons de joie dans l'effort scientifique qu'à la condition de n'être responsable de personne" (Einstein, lettre à une étudiante, 1951, ibid, p. 75). C'est ici que les exigences de la recherche dans la société moderne ne permettent pas de suivre rigoureusement cet avis d'Einstein, et en tout cas pas le premier membre de la phrase. Toutefois il considère qu'on pouvait gagner sa vie en enseignant.

transformer le monde physique, social, technique, la production, les communications, les modes de vie. L'imaginaire social pour cela réclamait une figure et les média demandaient et fabriquaient "du sensationnel". L'originalité du personnage, le thème de l'espace et du temps, l'alchimie de la matière et de l'énergie: c'est Einstein qui fut pris, plus que les autres savants, et non peut-être sans raisons, en fin de compte, étant donné la nature particulièrement significative de ses travaux et leur portée. Pourtant cette transformation de la science qui présidait à la naissance du mythe s'opposait à la revendication personnelle d'Einstein qui écrivait au contraire: "Mon travail scientifique a pour moteur une irrésistible et ardente envie de comprendre les secrets de la nature, et aucun autre sentiment. Mon amour de la justice et la lutte pour contribuer à l'amélioration des conditions de vie des hommes sont tout à fait indépendants de mes intérêts scientifiques"⁶. Einstein accepta le mythe, jusqu'à s'en servir pour les causes auxquelles il estima devoir se consacrer — humaines, sociales, politiques —, mais il ne fut pas dupe, et sut toujours préserver son indépendance et son originalité. A nous également de remettre le mythe à sa place, et d'évoquer maintenant le véritable problème de l'actualité d'Einstein, sans le mythe. Et d'abord, pour détruire définitivement le mythe, nous évoquerons rapidement la vie et la personnalité de cet homme dans son temps.

UNE VIE

Albert Einstein naquit le 14 mars 1879, en Allemagne, dans une famille juive peu pratiquante. Il hérita de sa mère, Pauline, un sens artistique qu'il développa dans son goût pour la musique et dans son style même d'homme de science, fondamentalement marqué par une sensibilité esthétique ordonnée à la recherche du Beau. Son père, Her-

mann, travaillait dans les affaires, et la famille dut, à sa suite, se déplacer à Munich l'année qui suivit la naissance d'Albert, puis, plus tard — en 1894 —, en Italie, près de Milan. Il eût une soeur plus jeune, Maja.

Albert parla relativement tard: malgré son intelligence déjà très vive, il ne fut pas ce qu'on appelle un élève brillant. En fait, jusqu'à la fin de ses études universitaires — qu'il effectua au Polytechnicum de Zurich, de 1896 à 1900, après des études secondaires à Aarau —, il ne travailla que les matières qui l'intéressaient vraiment, étant porté à réfléchir par lui-même plutôt qu'à se satisfaire du savoir reçu. Au Polytechnicum, il eût comme condisciple le mathématicien Marcel Grossmann, qui lui prêtait ses notes de cours, et comme professeur Hermann Minkowski, dont il suivait les enseignements avec peu d'assiduité — préférant étudier personnellement dans les livres et faire lui-même des expériences au laboratoire.

Très rebuté par les méthodes éducatives alors en vigueur en Allemagne, imprégnées de mentalité militariste, qu'il avait dû subir au Gymnasium de Munich, il prit la nationalité suisse en 1901. Bien qu'il ait obtenu son diplôme en 1900, et qu'il ait déjà publié, l'année suivante, un article de recherche sur la capillarité, son indépendance d'esprit et son caractère entier ne lui facilitèrent pas l'accès à une carrière universitaire. Il dut se contenter d'un poste au Bureau des brevets, à Berne, obtenu non sans difficultés. Il se lia d'amitié avec Maurice Solovine et Conrad Habicht: tous trois formèrent, jusqu'à la dispersion des uns et des autres, en 1904, l'"Académie Olympia", petit centre d'intense intellectuelle — à laquelle se joignirent, semble-t-il, Michele Besso et quelques autres⁷.

Il faudrait, pour évoquer complètement la formation de la personnalité d'Einstein, insister sur l'atmosphère qu'il connut à Zurich, quand il y fut étudiant au Polytechnicum. A la charnière du dix-neuvième siècle finissant et des premières années du vingtième, Zurich était un lieu d'intense fermentation, une ville-carrefour de tous les courants révolutionnaires européens, politiques mais aussi intellectuels et esthétiques. Mileva

6. Lettre du 20.8.1949, *ibid.*, p. 28. Il serait intéressant de commenter davantage cette conception qui est bien autre chose que négative par rapport à la fonction sociale de la science. On y trouverait la réfutation des "experts" chers à l'idéologie du technocratisme, et la conviction que nos valeurs sont choisies par nous et non imposées par une nécessité objective à courte vue — sinon celle, qui nous dépasse, de la nature. Einstein avait, sur ces questions, des pensées voisines de celles de Spinoza (Voir M. Paty, "Einstein et Spinoza", à paraître).

7. Des détails sur cet épisode et sur le suivant sont fournis dans le livre de Lewis S. Feuer, *Einstein and the generations of science*, Basic books, New York, 1974; trad. fr. par Paul Alexandre, Complexe/P.U.F., Bruxelles, 1978.

Maric, qu'il prit pour femme, était une étudiante serbe, exilée politique. Se trouvaient, ou passèrent à Zurich dans la période où Einstein y séjourna, de nombreux autres exilés de Russie ou d'Europe Centrale: Rosa Luxembourg, qu'Einstein connut et dont il dit qu' "elle était bien trop bonne pour ce monde", Alexandra Kollontai, Florence Kelley, Friedrich Adler, qui fut son condisciple et son ami — Adler, disciple de Mach, représentant éminent de l'austromarxisme et futur dirigeant communiste —, et qui servit de principal intermédiaire entre l'inventeur de la relativité et les mouvements politiques et intellectuels de son époque; un peu plus tard, le polonais Kurt Radek, et Lénine; Mussolini, alors socialiste révolutionnaire. Dans un autre registre, Buber et Weizmann, ce dernier, fondateur du sionisme — celui du début du siècle, bien différent de l'actuel. Et sans oublier ces révolutionnaires d'un autre genre qu'étaient alors les disciples de Freud qui tous passèrent par Zurich, la Suisse étant le seul endroit d'Europe favorable à la psychanalyse.

On imagine ce qu'un tel creuset des idées qui allaient marquer fondamentalement notre siècle pouvait avoir de passionnant: on aimerait en savoir davantage, connaître mieux les rencontres des uns et des autres, et bien sûr avoir plus de détails sur celles d'Einstein avec eux. Ce que nous savons c'est qu'il n'y fut pas indifférent, et la suite de son existence restera marquée par des rapports humains avec les uns ou les autres. Il est évidemment difficile d'évaluer ce que ce milieu nourricier a exactement apporté à l'élaboration de ses idées. Il reste significatif que la pensée et la personnalité d'Einstein aient été à leurs débuts tributaires d'un milieu aussi riche et foisonnant, unique en son temps⁷.

Quant à l'"Académie Olympia", au nom "pompeux" — comme Einstein l'écrit plus tard, en l'évoquant avec tendresse —, Einstein et ses amis y discutèrent de science et de philosophie, lisant Spinoza, Hume, Kant, Mach, Poincaré et d'autres penseurs qui eurent tous, à un titre ou à un autre, une influence sur l'élaboration de ses idées.

Albert épousa, en 1903, Mileva Maric dont il eût deux enfants, Hans Albert, né en 1904, et Eduard, en 1910; il devait plus tard divorcer — en 1919 —, et se remarier peu après avec sa cousine, Elsa, elle-même veuve et mère de deux filles. Son ami Michele Besso le rejoignit au Bureau des brevets vers 1904; il devait jouer un rôle important

dans la vie d'Einstein, lui permettant d'éprouver ses idées, dont il était comme "la caisse de résonance".

Malgré ses huit heures quotidiennes au Bureau des brevets, Einstein travaillait à ses propres recherches. En 1905, à vingt-six ans, il publia quatre articles dans les *Annalen der Physik*, dont trois étaient d'importance fondamentale: le premier, sur les quanta de rayonnement, dont il renouvela l'approche à la suite des travaux effectués par Planck en 1900; le second, sur le mouvement brownien, par lequel il proposait une formule que Jean Perrin devait vérifier quelque temps plus tard, démontrant ainsi de façon décisive la réalité physique des atomes; le troisième, sur l'électrodynamique des corps en mouvement, énonçait ce qui allait être connu comme la théorie de la relativité restreinte. Une production scientifique intense suivit, dans ces diverses directions, les travaux de cette "année d'or". Bien que ses idées, proprement révolutionnaires — sur les quanta de rayonnement, sur l'espace et le temps —, aient été longues à se voir acceptées, il obtint rapidement la considération des milieux scientifiques. Il fut nommé en 1909 professeur à l'Université de Zurich, puis à l'Université de Prague, et revint à Zurich, au Polytechnicum, en janvier 1912. En 1911, il participa au premier Conseil Solvay, présidé par Lorentz. Il fut nommé à l'Académie royale des sciences de Prusse, en avril 1914, et demeura dès lors à Berlin. Après l'entrée en guerre, il ne s'associa pas au manifeste nationaliste des intellectuels allemands et se déclara, au contraire, en faveur de la coopération intellectuelle entre les pays en guerre.

Tout en gardant la nationalité suisse, il reprit la citoyenneté allemande après la proclamation de la république de Weimar, et mit sa notoriété au service de la cause de la paix, voyageant notamment en France et en Angleterre, au Japon, en Palestine, en Espagne. Dans le climat de résurgence de l'antisémitisme de l'après-guerre, il soutint l'idée d'une patrie juive, et accompagna, en 1921, Chaim Weizmann aux Etats-Unis pour recueillir des fonds en vue de la création d'une université hébraïque à Jérusalem. Il reçut en 1922 le prix Nobel de physique de 1921, "pour ses contributions à la physique théorique, et en particulier pour sa découverte de la loi de l'effet photoélectrique": la relativité, qui n'était pas mentionnée expressément, était encore controversée.

A l'avènement de Hitler, Einstein, qui se trou-

vait à l'étranger, décida de ne pas rentrer en Allemagne. Il s'opposa résolument au nazisme, démissionna de l'Académie de Berlin et renonça à la nationalité allemande. Il garda toujours grief à l'Allemagne de ses crimes contre l'humanité. Ses biens confisqués, ses livres en autodafés, ses théories clouées au pilori — on parlait de *physique juive* —, il s'embarqua en octobre 1933 pour les Etats-Unis, après avoir séjourné quelque temps en Belgique, à Coq-sur-Mer, et il y demeura, jusqu'à la fin de sa vie, au nouvel Institute for Advanced Study de Princeton.

Sur la demande de Léo Szilard, Eugène Wigner et Edward Teller, il adressa une lettre au président Roosevelt, le 2 août 1939, dans laquelle il indiquait la possibilité d'utiliser l'énergie nucléaire récemment découverte (fission de l'uranium) et de construire la bombe atomique. Mais il ne semble pas que cette démarche ait eu l'influence qu'on lui a prêtée, les Etats-Unis n'ayant pris la décision de fabriquer la bombe que le 6 décembre 1941, à la veille de Pearl Harbour. Après la Deuxième Guerre Mondiale et la tragédie d'Hiroshima, il milita en faveur de la paix, et attira jusqu'à sa mort l'attention sur le danger de la course aux armements; au moment du maccarthysme, il prôna publiquement le refus de déposer devant la commission d'enquête.

Il mourut le 18 avril 1955, à 76 ans, ayant pris sa part des engagements les plus nobles dans un siècle particulièrement mouvementé. Parvenu à la célébrité, devenu même l'objet d'une véritable mythologie, Einstein garda toujours une simplicité extraordinaire. Et pourtant, ce dernier des savants solitaires, Newton des temps modernes, fut le protagoniste le plus prestigieux de la double révolution scientifique qui a marqué durablement la physique du vingtième siècle, celle de la relativité et des quanta. Son œuvre scientifique est par ailleurs inséparable de ses conceptions philosophiques et même métaphysiques.

RELATIVITÉ, COSMOLOGIE ET RECHERCHE D'UNE THEORIE UNIFIÉE

La théorie quantique, dont Einstein fut un des principaux pionniers, comme nous le verrons, est néanmoins le fruit d'une élaboration collective. La théorie de la relativité fut au contraire uniquement son œuvre. Il avait trouvé, avec elle, le type même de la théorie physique au sens propre, c'est-à-dire

constituant un système hypothético-déductif à partir d'un petit nombre de principes logiquement indépendants entre eux. Cela même qui devait lui paraître ne jamais être obtenu avec la théorie quantique, il le réalisa par sa théorie de la relativité restreinte puis générale et tenta — mais sans succès — de le mener à son achèvement par ses recherches d'une théorie du champ unitaire. C'est cette conception de la théorie physique qui fait, dès 1905, la différence entre sa théorie de la relativité restreinte et les approches, très voisines quant aux formules et aux prédictions, de Lorentz et Poincaré. En effet, si la relativité générale comme théorie géométrique du champ de gravitation ne revient qu'à lui seul — Poincaré, par exemple, se l'interdisait par principe quand il déclarait que, en cas de contradiction entre la théorie physique et la géométrie euclidienne, on devrait plutôt choisir de modifier la première —, les idées de la relativité restreinte étaient "dans l'air". Lorentz et Poincaré formulèrent, en 1904 — et, le second, plus systématiquement encore en 1906 —, les lois de transformation dites de Lorentz et, si Langevin reconnut, dès le début de 1906, l'importance du travail d'Einstein, c'est qu'il en était lui-même passé très près pour des raisons d'ailleurs assez voisines⁸. Pourtant, avec Einstein qui produit sa théorie indépendamment des autres et sans connaître les formules de Lorentz et Poincaré, il s'agit d'un bouleversement radical et non plus d'un aménagement des conceptions classiques.

Frappé par la force et la simplicité logique de la théorie électromagnétique de Maxwell, il posa comme des faits ayant rang de propositions fondamentales le *principe de relativité* (également ainsi dénommé en même temps par Poincaré), selon lequel les lois physiques sont les mêmes dans deux systèmes en mouvement relatif uniforme, et

8. Au Congrès de Saint-Louis, en 1904, Langevin avait présenté les problèmes de la physique d'une manière étonnamment pénétrante, montrant qu'il y avait conflit entre la mécanique classique et l'électromagnétisme, et qu'il devait être résolu dans le sens du second. Peu après la parution de l'article d'Einstein de 1905 sur l'électrodynamique des corps en mouvement, Langevin, qui n'avait pas encore eu connaissance de ce travail, écrivit au tableau la formule $E = mc^2$, au cours d'une de ses leçons du Collège de France, comme le rapporte E. Bauer. Dès qu'il connut les travaux d'Einstein, Langevin s'en fit l'ardent propagandiste.

la constance de la vitesse de la lumière indépendamment du mouvement de sa source. Selon les canons du mécanisme, ces deux propositions étaient contradictoires: mais Einstein, pénétré des leçons de Mach qui, avec son ouvrage *La mécanique*, avait ébranlé le dogme, montra que les deux principes sont conciliables si l'on remet en cause la simultanéité, c'est-à-dire la conception d'un temps et d'un espace absolus. Deux événements simultanés pour un système de référence ne le sont pas, en général, pour un système en mouvement rectiligne uniforme par rapport au premier, comme on peut le voir dès lors que l'on prend en compte la vitesse finie de transmission des signaux qui permettent de juger de cette simultanéité. A l'espace et au temps absolus de Newton, pensés séparément l'un de l'autre, codifiés par Kant comme formes a priori de la sensibilité correspondant à des catégories pures de l'entendement, était désormais substitué le continuum d'espace-temps (formalisé par Minkowski dès 1907, selon une géométrie à 4 dimensions qui lui permit de dériver une forme particulièrement simple des équations de Maxwell). De cette nouvelle conception de l'espace et du temps résulte la réciprocité, pour les mouvements relatifs, des contractions des longueurs et de la dilatation des durées (qui étaient au contraire, chez Lorentz, relatives à l'éther et qui relevaient d'une explication mécanique)⁹, et l'inutilité de l'éther. Montrant que les équations de Maxwell obéissent au principe de relativité, Einstein exprimait ensuite les modifications nécessaires de la cinématique, puis de la dynamique, et notamment la variabilité de la masse (que Lorentz avait trouvée par une voie différente en 1904)¹⁰.

Dans un dernier article de 1905, Einstein proposait, comme conséquence, l'inertie de l'énergie ($\Delta m = E/c^2$); en 1907, il parachevait l'équivalence

de la masse et de l'énergie en énonçant que, réciproquement, toute masse contient de l'énergie, et les deux ne font qu'un seul concept ($E = mc^2$). Il effectuait ses premiers pas vers une généralisation de sa théorie en posant en principe, dès cette année, l'équivalence des masses inertielle et gravitationnelle, dont Newton avait remarqué et utilisé l'égalité fortuite et qui avait été vérifiée avec précision par Eötvös; cela entraînait une conception relative de l'accélération, équivalente à un champ de pesanteur. L'inertie de l'énergie le conduisit par ailleurs à admettre que la gravitation courbe la trajectoire des rayons lumineux (mais, selon un calcul de 1911, deux fois moins que n'allait le faire la relativité générale).

Einstein s'avança sur la voie de la théorie de la relativité générale — conçue comme une extension de la relativité restreinte aux systèmes en mouvements relatifs quelconques — en énonçant le principe de covariance générale, qui considère tous les systèmes de coordonnées spatio-temporelles comme équivalents pour les lois physiques et leurs équations. Son ami Marcel Grossmann lui apporta l'aide mathématique nécessaire (en l'occurrence, le calcul tensoriel élaboré par G. Ricci en 1887), et Einstein parvint, en 1915, à représenter la gravitation par le tenseur métrique d'espace-temps à 4 dimensions, c'est-à-dire à exprimer le caractère géométrique de la gravitation (laquelle se ramène à une courbure de l'espace-temps, les trajectoires n'étant plus que des géodésiques de ce dernier). Trois conséquences de la théorie étaient particulièrement remarquables: l'avance résiduelle du périhélie de Mercure (43" d'arc par siècle), que la mécanique newtonienne était impuissante à expliquer, la courbure des rayons lumineux dans un champ de gravitation, et la déviation du spectre lumineux vers le rouge. La deuxième fut observée de façon spectaculaire à l'occasion de l'éclipse du 29 mai 1919, par une double expédition au Brésil et en Afrique, dirigée par A. Eddington: les résultats, qui confirmaient exactement la prédiction de la théorie (déviation de 1,7" d'arc), furent proclamés dans une mémorable séance conjointe de la Royal Society et de la Royal Astronomical Society, à Londres, le 6 novembre 1919. En fait, ces mesures étaient relativement imprécises, et le caractère spectaculaire de l'événement, historiquement significatif, certes, ne doit pas faire oublier que des confirmations ultérieures étaient nécessaires; elles furent effectivement obtenues. Les trois

9. Pour Lorentz, la formule de contraction des longueurs recevait son explication d'interactions moléculaires entre le système considéré (par exemple, le bras de l'appareil de mesure) et l'éther: c'était une explication dynamique (par les forces), alors que, pour Einstein, il s'agit d'une simple propriété cinématique résultant d'une nouvelle définition de l'espace et du temps.

10. Sur la démarche d'Einstein dans son travail de 1905 sur la relativité restreinte, je renvoie à mon étude "Sur le réalisme d'Albert Einstein", *La Pensée*, N° 204, avril 1979, 18-37, et à la bibliographie qu'il contient.

prédictions fondamentales de la théorie de la relativité générale se sont avérées par la suite exactement vérifiées. Par ailleurs, dès 1916, Einstein prévoyait l'existence d'ondes de gravitation, dont la détection constituerait la confirmation la plus remarquable de la théorie de la relativité générale. Mais leur observation expérimentale présente des difficultés encore insurmontées, tant pour ce qui est des mesures directes en laboratoire que relativement aux observations astronomiques (par exemple, l'influence d'une étoile en rotation rapide sur les vibrations solaires). Toutefois, après un bref engouement pour une théorie aussi radicalement neuve et aussi belle esthétiquement, l'attention de la majorité des physiciens se porta dans d'autres directions, et la théorie connut une longue éclipse (si une telle transposition involontairement allusive est ici permise) et une marche au désert. C'est que, à part ces trois ordres de prédictions, la théorie ne semblait pas avoir d'autre implication directement observable; au contraire, les phénomènes atomiques et de la matière élémentaire se révélaient être une mine de découvertes expérimentales et de considérations théoriques dans une direction bien différente, celle de la mécanique quantique. La théorie de la relativité générale, malgré sa grande simplicité formelle et sa beauté se développa dès lors en marge des courants principaux, et seul un petit nombre de théoriciens s'y intéressèrent. Ce n'est qu'au cours des années 1950 qu'elle connut un renouveau, quand le champ de ses prédictions observationnelles s'avéra considérablement accru.

Pour sa part, Einstein se consacra par la suite essentiellement — et en marge des courants dominants de la physique, surtout orientés vers la mécanique quantique — à développer sa théorie dans deux directions. La première devait être promise à une grande fécondité: c'est celle des cosmologies relativistes, par l'application de la théorie de la Relativité Générale à l'Univers dans son ensemble. Einstein proposa, dès 1917, une solution finie et statique. Tel fut le point de départ de la cosmologie moderne, marquée par le calcul d'autres solutions, par de Sitter puis Friedmann et d'autres, dont celle d'univers en expansion confortée par les observations de Hubble, en 1929, sur la recession des galaxies, et prolongée en 1931 par la théorie de G. Lemaître sur l'atome primitif — l'explosion primordiale ou *Big Bang*. Mais ces conceptions paraissaient encore très spéculatives et

ne devinrent populaires — jusqu'à devenir la "conception standard" — que bien plus tard. La seconde direction est celle, indiquée par H. Weyl dès 1918, d'une extension de la théorie relativiste de la gravitation à l'électromagnétisme, par la recherche du champ unifié. Einstein mena dans la solitude de cette quête difficile et sans trêve, jusqu'à sa mort.

FONDATION ET CRITIQUE DE LA THEORIE DES QUANTA

On oublie souvent, à considérer les développements ultérieurs de la mécanique quantique et l'insatisfaction que ne cessa d'exprimer Einstein à son égard, de 1927 à sa mort, qu'il fut lui-même un, des principaux pionniers et peut-être même le fondateur le plus significatif de cette théorie. Il est donc utile de montrer quelle fut, dans ce domaine, sa démarche, de la période constructive qui va de 1905 à 1917 et même jusqu'à 1924 (théorie des particules soumises à la statistique dite de Bose — Einstein), à la période des "critiques" à l'encontre de la mécanique quantique et de son interprétation par l'Ecole de Copenhague.

Bien que sa première contribution, en 1905, à la théorie des quanta se présente comme un simple "point de vue heuristique", elle correspond en fait à une approche beaucoup plus fondamentale, dont la théorie de l'effet photoélectrique n'est qu'une conséquence. Comme Einstein devait l'écrire plus tard, son intérêt propre, quant aux phénomènes radiatifs et atomiques était, en ces années, "moins concerné par les conséquences détaillées des résultats de Planck, aussi importants fussent-ils", que par la question suivante: "quelles conclusions générales pouvaient-on tirer de la formule du rayonnement relativement à la structure de ce dernier, voire, plus généralement, aux fondements électromagnétiques de la physique". Très vite, Einstein avait vu que l'introduction du quantum d'action par Planck — en 1900 — correspondait à une nécessité physique et non pas à une commodité mathématique; et qu'elle était en contradiction avec la mécanique classique. Il fut le premier à saisir la radicale nouveauté requise par les phénomènes atomiques et la nécessité de s'affranchir du dogmatisme des principes de la physique classique, c'est-à-dire aussi bien la mécanique statistique de la thermodynamique que l'électromagnétisme. Dès ses premiers pas dans le domaine quantique, Einstein fut ainsi guidé

par tout autre chose qu'un souci empiriste de reproduire théoriquement tel ou tel phénomène, que l'idée d'utiliser une recette. Il cherchait à débusquer, dans les problèmes étudiés, un caractère fondamental.

Ce point de départ contient en germe son attitude ultérieure face à la physique quantique: bien que ne disposant pas d'un substitut pour la physique classique – et singulièrement pour la mécanique –, il s'efforça de tirer toutes les conséquences possibles de l'hypothèse des quanta et fut ainsi l'un des principaux pionniers de la théorie quantique. Il ne devait toutefois pas reconnaître, dans le formalisme et l'interprétation de la mécanique quantique telle qu'elle se présenta vers la fin des années 20, la théorie fondamentale dont il avait aperçu la nécessité: ses principes lui paraissaient insuffisants pour une théorie profonde et complète.

Pour Planck, l'hypothèse quantique était relative tout au plus à l'émission et à l'absorption du rayonnement par la matière atomique, c'est-à-dire aux échanges d'énergie; c'est cette conception qui sera acceptée, en 1911, lorsque les quanta apparaîtront inévitables. Dès 1905, Einstein montra au contraire que c'est l'énergie du rayonnement lui-même qui est quantifiée – $E = h\nu$ –, ce qui devait confirmer, vers 1914, la vérification de ses prédictions relatives à l'effet photoélectrique. L'année suivante, il décela dans le travail de Planck une "inconsistance logique", révélatrice du caractère non-classique du quantum d'action, qui associait des descriptions – incompatibles – continue et discrète: c'est en 1909 qu'Einstein reconnut la dualité onde-corpuscule pour la lumière, ce qui consacrait la nécessité d'un remaniement théorique profond. Il entrevoyait ce dernier sur une base plus vaste que les seuls phénomènes du rayonnement, et, dès 1907, il s'attacha à étendre le domaine d'application de l'hypothèse des quanta en montrant, par ses travaux sur les chaleurs spécifiques, que c'était toute la physique atomique qui était concernée; la vérification de ses prédictions par Nemst fut à l'origine de l'acceptation du quantum d'action. Ce renversement de point de vue généralisait la remise en cause des conceptions classiques.

A la suite des travaux de Bohr sur la quantification des niveaux d'énergie des atomes, Einstein proposa, en 1916-1917, à l'aide d'un traitement probabiliste, une synthèse systématique des phé-

nomènes de l'atome et du rayonnement, par laquelle il retrouvait la formule du rayonnement de Planck, en évitant pour une grande part de se servir des concepts de l'électromagnétisme classique. Il proposa, ce faisant, l'idée d'"émission stimulée", qui est à l'origine du laser. Il montra en outre que les quanta de lumière sont des particules au sens plein – en donnant la formule de l'impulsion, $p = h/\lambda$, que Compton devait vérifier en 1922. C'est sur la base de ce travail que de Broglie et Heisenberg allaient développer leur conception dans des directions différentes (considération de l'onde associée au corpuscule pour le premier, qui allait conduire à la mécanique ondulatoire de Schrödinger, formalisme abstrait des matrices exprimant les transitions de niveaux d'énergie, pour le second, qui constituait, à proprement parler, les débuts de la mécanique quantique); mais ces directions étaient équivalentes quant aux résultats, comme le montra Schrödinger. C'est d'ailleurs Einstein lui-même, à qui Langevin l'avait communiquée, qui signala au monde scientifique la thèse de de Broglie généralisant, en 1924, la dualité onde-corpuscule à tout élément de matière, ce qui s'accordait à ses propres considérations, développées à la suite d'un travail de Bose, sur la statistique des gaz de photons et de particules¹¹.

Mais la mécanique quantique ne lui parut pas être cette théorie fondamentale dont il avait été le premier à exprimer la nécessité. Elle ne permettait en effet que des calculs de probabilité, quand il lui paraissait nécessaire de restaurer le déterminisme et la causalité au sens de la détermination d'événements individuels et d'une causalité spatio-temporelle. Elle était par ailleurs présentée par l'École de Copenhague sous une formulation et

11. Sur le travail d'Einstein relativement à la théorie des quanta, je renvoie à mes analyses: "Les contributions d'Einstein à l'élaboration de la première théorie des quanta", *Bulletin de l'Union des physiciens*, N° 631, février 1981, 693-709; "Éléments d'histoire sur la théorie quantique jusqu'à l'argument EPR", in C. Gruber, C. Piron, Tran Minh Tâm, R. Weill (dir.), *Les fondements de la mécanique quantique*, (25^e cours de perfectionnement de l'Association vaudoise des chercheurs en physique Montana, mars 1983), A.C.V.P., Lausanne, 1983, p. 9-48; et les références bibliographiques incluses. Voir également, Abraham Pais, *Subtle is the Lord*; John Stachel, "Einstein and the quantum; fifty years of struggle", *The University of Pittsburgh series in the philosophy of science* (à paraître).

avec une interprétation très marquée par des philosophies opérationnaliste et positiviste. C'est pourquoi Einstein ne cessa pas d'émettre des objections à l'encontre de la mécanique quantique — par ses discussions avec Bohr, à qui une grande amitié l'unissait —, objections par lesquelles il pensait mettre en évidence son caractère incomplet: c'est en particulier le sens de l'"argument EPR", proposé par Einstein, Podolsky et Rosen, en 1935, et qui permit à Bohr d'identifier ce concept spécifiquement quantique qu'est l'inséparabilité. Les objections d'Einstein eurent un effet de clarification des conceptions quantiques, lesquelles se trouvent aujourd'hui davantage libérées de leur gangue philosophique originelle¹².

La position d'Einstein sur cette théorie, exprimée en 1949, était en définitive la suivante: "je crois que la théorie quantique contemporaine représente la meilleure formulation des phénomènes que l'on puisse établir à partir de concepts qui, pour l'essentiel, proviennent de la mécanique classique. Cependant, je crois aussi que cette théorie ne fournit aucun point de départ valable pour un développement futur. C'est surtout cette conviction qui me sépare des physiciens contemporains".

Avant de nous demander ce qu'il en est aujourd'hui (en 1984) des problèmes scientifiques dans les domaines concernés par les recherches et les théories d'Einstein, pour savoir si ce dernier est vraiment dépassé comme on le prétend souvent, il nous faut maintenant aborder un autre volet de son oeuvre dont l'importance est méconnue: les contributions d'Einstein à l'épistémologie et à la philosophie des sciences.

EPISTEMOLOGIE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES

L'oeuvre d'Einstein a eu dans le champ philosophique des répercussions non moins considérables que dans ceux de la physique et de l'astronomie. Elle obligeait en effet à une remise en question des fondements même de la connaissance et des notions les plus communes à l'oeuvre dans de nombreux domaines de la pensée. Il suffit d'évoquer le refus opposé par Bergson à la notion de temps relatif, ou les débats, nourris d'exemples

tirés des travaux d'Einstein, de l'empirisme logique, du néo-positivisme, du rationalisme critique et des courants réalistes. Mais l'aspect philosophique de l'oeuvre d'Einstein se marque directement dans sa propre pensée, dans son mouvement d'élaboration où construction théorique et critique épistémologique sont étroitement imbriquées — ce caractère n'est-il pas typique, au demeurant, des révolutions scientifiques? Il avait lui-même pleinement conscience de la dimension immédiatement philosophique de ses recherches, dont le style même de ses travaux est marqué. Son souci de ce qui est fondamental, visible dès ses premiers articles de physique, suggère l'idée qu'en élaborant ses conceptions scientifiques c'est en réalité un vaste ouvrage philosophique qu'il composait. L'oeuvre d'Einstein, qui se propose d'aller directement à l'essentiel quant à la structure profonde de la nature et quant à la méthode de pensée employée pour y parvenir, peut être vue comme une pratique philosophique. "Je suis un philosophe plutôt qu'un physicien", confia-t-il un jour. Tout en édifant ses théories physiques, Einstein poursuivait un programme proprement philosophique, dont il fut amené, quelque temps après ses travaux sur la relativité générale, à expliciter les éléments.

On a prétendu parfois que, dans ses premières recherches, plus proches de l'expérience et des phénomènes, Einstein aurait été tributaire de positions empiristes ou positivistes et qu'il serait passé ensuite à une vue tantôt idéaliste — dans sa quête du champ unitaire —, tantôt réaliste — dans ses critiques à la mécanique quantique. Bien au contraire, Einstein n'a jamais été empiriste, et s'il se réfère aux faits comme pierre de touche de ses théories c'est toujours de faits théorisés qu'il s'agit. Il ne fut jamais positiviste non plus, et son recours à la mesure par exemple — celle des signaux, en relativité restreinte — est ordonné à une perspective théorique fondamentale exprimée en termes de champ, et à la recherche de quantités invariantes. S'il fut frappé par la critique des concepts de la mécanique newtonienne proposée par Mach, il n'adhéra jamais à la philosophie de ce dernier. Si sa méditation des oeuvres de Hume et de Kant a indéniablement inspiré ses propres conceptions, ce fut de manière distanciée. Quant à l'évolution de sa pensée et de sa recherche, elle ne se ramène nullement à de prétendus revirements philosophiques: il faut bien plutôt la voir comme un approfondissement, dans le sens d'une cons-

12. Cf. M. Paty, "L'inséparabilité quantique en perspective", *Fundamenta Scientiae*, 3, 1982, 79-92.

truction rationnelle – c'est ainsi qu'il faut entendre ses "spéculations" – de plus en plus abstraite. Car il lui paraissait que telle devait être désormais la voie menant à la théorie qu'il recherchait; n'annonçait-il pas, d'ailleurs, que les "concepts de base et les axiomes seront de plus en plus éloignés de ce qui est directement observable et (que) la confrontation des implications théoriques avec les faits sera toujours plus difficile et plus longue à établir"?¹³.

Persuadé qu'il existe une explication, une description rationnelle de la réalité physique, il pensait qu'elle doit être simple, c'est-à-dire basée sur un nombre restreint de principes rationnels de portée fondamentale et de propositions logiquement indépendantes. Mais, s'il affirme que la simplicité et la cohérence logique sont des traits nécessaires de la théorie, c'est en tant que physicien, non comme mathématicien – qu'il ne fut d'ailleurs pas. Les mathématiques sont l'expression indispensable de la théorie, mais elles ne suffisent pas à garantir sa validité: "pour autant que les propositions de la mathématique se rapportent à la réalité, elles ne sont pas certaines, et pour autant qu'elles sont certaines, elles ne se rapportent pas à la réalité"¹⁴.

La réalité constitue pour lui la référence fondamentale. "Il y a quelque chose comme l'état réel d'un système physique, qui existe objectivement, indépendamment de toute observation ou mesure, et qui peut en principe se décrire par les moyens de la physique", écrit-il contre l'interprétation de l'École de Copenhague de la mécanique quantique, et: "je crois encore à la possibilité d'un modèle de la réalité, c'est-à-dire d'une théorie qui représente les choses elles-mêmes et non pas seulement la probabilité de leur apparition".

Mais aucune voie inductive ne mène logiquement des faits d'expérience à la théorie. Celle-ci, ainsi que les concepts qu'elle met en œuvre et les symboles qu'elle utilise, sont des "libres constructions de l'esprit humain", constructions qui s'appuient, certes, sur la "suggestion des faits d'expérience", mais seulement dans la mesure où ceux-ci sont suffisamment riches et déjà théorisés – pour être traduits en propositions de portée générale –

comme le principe de relativité ou celui d'équivalence. Ce sont les faits qui éprouvent les théories, et la "nature, ou plus précisément l'expérience (...) ne dit jamais "oui" à une théorie; dans les cas les plus favorables, elle dit "peut-être", et dans la plus grande majorité des cas un simple "non". Et, chez Einstein, le pouvoir prédictif de la théorie est souvent à longue portée – et d'autant plus si elle vise la structure profonde du réel.

Dans ses considérations spécifiquement philosophiques, Einstein recherchait, là encore, la réponse à des questions essentielles qui conditionnent les autres. Il en résulte, présentée sous une forme ramassée, une épistémologie originale, directe, allant droit au but, moins contingente que beaucoup d'autres. Se présentant comme "l'homme d'une seule idée", il affirmait en outre que "toute physique est métaphysique". Mais le Dieu qui revient fréquemment sous sa plume n'est autre que la nature, comme chez Spinoza, nature qui n'est nullement anthropomorphe ou finaliste: "s'il y a en moi un sentiment que l'on puisse qualifier de religieux, c'est l'admiration illimitée pour la structure du monde, telle que notre science nous la révèle"¹⁵.

CONCEPTIONS MORALES, POLITIQUES ET SOCIALES

On omettrait un aspect important de la pensée d'Einstein et de sa vie elle-même si l'on ne mentionnait pas, ne fût-ce que sommairement, comment il situait, dans sa vision du monde et dans son attitude personnelle, les problèmes moraux, politiques, sociaux. Il s'agit d'une composante indispensable bien qu'elle ne soit pas directement rattachée aux autres qui, elles, forment une cohérence logique nette. Pourtant il n'y a pas de dualité, chez Einstein, il n'existe qu'un seul monde. Un correspondant anglais lui posa un jour la question suivante: "Si, sur votre lit de mort, vous vous retourniez sur votre vie, par quels événements termineriez-vous: si elle a été un succès ou un échec?". Il lui répondit ceci: "Je ne me poserai une telle question ni sur mon lit de mort, ni avant. La nature n'est pas un ingénieur ni un entrepreneur, et je suis moi-même une partie de la natu-

13. A. Einstein, "Autobiographical notes – Autobiographical notes", in P. A. Schilpp, ed., *Albert Einstein, philosopher-scientist*, The library of living philosophers, Open Court, la Salle, 1949.

14. A. Einstein, "La géométrie et l'expérience".

15. Sur la référence d'Einstein à Spinoza et le rapprochement de ces deux penseurs distants de 3 siècles, voir mon essai, "Einstein et Spinoza" (à paraître).

re"¹⁶. Le sentiment qui coordonne la pensée d'Einstein sur ses différents plans, c'est celui de l'appartenance à la nature, une, qui nous dépasse, et qu'aucune instance divine ou anthropocentrique ne prédétermine. Mais la morale n'est pas inscrite dans la nature: ce qui ne signifie pas qu'elle ne soit pas importante, mais elle l'est uniquement en référence à la réalité humaine. "La morale est d'une importance capitale", déclare-t-il par exemple dans un texte de 1927, "mais pour nous, pas pour Dieu"¹⁷ (et le Dieu d'Einstein n'est autre que celui de Spinoza, *Deus sive Natura*). Il a d'ailleurs écrit autre part que ses idées sur la morale et son engagement pour des causes qui lui semblaient justes n'étaient dictées par aucune nécessité naturelle et n'avaient pas de relation directe avec la science et son travail scientifique. La pensée d'Einstein est aux antipodes de tout scientisme prétendant fonder sur la science (mais c'est alors une science absolutisée, idéalisée, idéologique, non critique) les valeurs humaines et l'organisation sociale. Certains — tels son ami Max Born — pourraient voir là une contradiction avec son déterminisme fondamental, affirmation d'une nécessité de la nature. Est-ce en raison de ces vues qu'on a critiqué sa philosophie comme incohérente? Ce serait confondre cohérence et système, affirmation du déterminisme et position réductionniste, et ce serait dénaturer la pensée d'Einstein. En vérité, je verrai plutôt pour ma part, dans cette distanciation de l'éthique par rapport à la science, un indice de l'intérêt directement actuel de ses conceptions, qui signale, en l'occurrence, un de nos problèmes philosophiques majeurs.

Si Einstein emploie souvent le terme Dieu, c'est dans un sens bien à lui, qui ne se confond avec aucune figuration anthropomorphique. S'il lui donne des traits anthropomorphes dans certaines expressions, c'est toujours par boutades, et c'est précisément de cette différence que surgit la saveur toute particulière de ses formules: "Dieu ne joue pas aux dés", "Le seigneur est subtil mais il n'est pas méchant...". Dieu confondu avec la Nature: Einstein ne nie pas cependant tout sentiment religieux. Corrigeant une mauvaise interprétation qui avait été donnée d'un texte de lui, il écrivait ceci, à un correspondant, en 1954 ou 1955: "Le malentendu est dû ici à une traduction erronée d'un texte al-

lemant et, plus particulièrement, à l'usage du mot "mystique". Je n'ai jamais imputé à la nature un dessein ou un but, ou quoi que soit d'anthropomorphe. Ce que je vois dans la nature, c'est une structure admirable que nous ne parvenons à comprendre que très imparfaitement; et cela doit remplir tout être pensant d'"humilité". C'est authentiquement un sentiment religieux, mais il n'a rien à voir avec le mysticisme"¹⁸.

Rien ne lui paraissait plus inacceptable que la conception d'un Dieu qui récompense ou qui punit, et qui s'intéresserait aux destinées humaines: quelle dérision ce serait, et quelle dénaturation du sens du mot "religieux"...

Donnons encore deux citations qui indiquent sans équivoque le monisme d'Einstein et débouvent de leur prétention les accusations d'idéalisme ou de mysticisme fréquemment portées contre lui: "Le concept d'une âme sans corps me paraît vide et dépourvu de sens, du fait que nos expériences intérieures ne sont que des reproductions et des combinaisons des impressions sensorielles"¹⁹. Et encore: "Le corps et l'âme ne sont pas deux choses différentes, mais deux façons différentes de percevoir la même chose, comme la physique et la psychologie ne sont que des approches différentes pour relier nos expériences à l'aide de la pensée systématique"²⁰.

Nous avions mentionné, en commençant, combien l'idée qu'Einstein se faisait de la science était en apparence, à certains égards, éloignée de certaines conceptions contemporaines utilitaires ou techniques de celle-ci. Est-ce cependant une idée dépassée de penser que l'activité de recherche scientifique soit également — et peut-être avant tout — fonction d'une attitude de création? La mutation qu'a connue, en notre temps, la recherche, dans ses modalités et dans sa fonction, appellerait certes un plus ample débat. La position d'Einstein m'apparaît en tout cas une des voix importantes à faire entendre au cours d'un tel débat, voix sans laquelle

18. Ibid, p. 55.

19. Ibid, p. 55. Cette phrase vient après une condamnation des mystiques irrationnalistes qui est, elle aussi, d'actualité (ce texte est de 1921). Il vaut la peine de la citer: "La tendance mystique de notre époque, qui se manifeste plus particulièrement dans la croissance effrénée des prétendus théosophie et spiritualisme, n'est, à mes yeux, que le symptôme de la faiblesse et du désordre".

20. Ibid, p. 53. Ce texte date de 1937.

16. Albert Einstein, *the human side*, op. cit.

17. Ibid, tr. fr., p. 87.

un certain esprit de la recherche risquerait de se perdre, esprit indispensable pourtant pour qu'elle parvienne à quelque chose de nouveau et de signifiant. Cette voix, un texte court intitulé "Ce que l'expérience artistique et l'expérience scientifique ont en commun" la fait bien entendre: "Lorsque le monde cesse d'être la scène de nos espoirs personnels et de nos souhaits, lorsque nous l'affrontons en hommes libres qui admirent, qui questionnent et qui observent, alors nous entrons dans le royaume de l'art et de la science. Si ce que l'on voit et ce que l'on éprouve est décrit dans le langage de la logique, nous sommes engagés sur la voie de la science. Si c'est communiqué à travers des formes dont les rapports ne sont pas accessibles à la conscience, mais dont la signification est reconnue intuitivement, alors nous sommes engagés dans le domaine de l'art. La dévotion passionnée pour tout ce qui transcende les intérêts personnels et la volonté individuelle est commune aux deux"²¹.

Sur l'engagement d'Einstein en politique, il y aurait bien des choses à dire, car il accompagne ce siècle si fertile en bouleversements. Ennemi de tout nationalisme, il avait renoncé, dans les premières années du siècle, à la nationalité allemande, et pris la citoyenneté suisse; il redevint citoyen allemand après la Première Guerre Mondiale pour soutenir la république progressiste de Weimar. Il fut déchu de cette nationalité par les nazis au cours des années 30. "Je ne me suis jamais identifié à un pays quelconque", écrivit-il en 1954, "et moins que tout à l'Etat allemand. Mon seul rapport avec l'Allemagne était mon appartenance à l'"Académie des Sciences de Prusse" et à la langue que j'ai apprise étant enfant"²². S'il resta toute sa vie attaché — comme on l'est à ses racines ou à son milieu nourricier — à la culture allemande, surtout classique, et s'il s'exprima pratiquement toujours dans cette langue, Einstein a toujours manifesté la plus grande distance à l'égard de l'"esprit allemand", au sens du nationalisme. "Pendant des siècles", écrivait-il vers 1935, "les Allemands ont été soumis à l'endoctrinement par une succession sans fin de professeurs d'école et de sergents recruteurs". Et, à propos de Hitler, parlant de sa "répugnance pour une minorité sans défense, les juifs allemands", Einstein écrit: "Leur sensibilité intellectuelle le mettait mal à l'aise, et il considé-

rait cela, non sans raison, comme non-allemand"²³.

D'ailleurs, il disait du nationalisme qu'il est "une maladie infantile" et "la rougeole de la race humaine"²⁴.

Il disait aussi de la politique qu'elle est "un pendule dont les oscillations entre l'anarchie et la tyrannie sont alimentées par des illusions éternellement rajeunies"²⁵. S'il était sceptique en politique, Einstein prit toutefois parti et s'engagea. Pacifiste durant la Première Guerre Mondiale, contribuant par son action et des voyages à la réconciliation des nations à travers leurs communautés scientifiques, il senti très vite la menace de la montée du nazisme. Le pacifisme lui Parût être, à partir de 1933, une attitude trop faible par rapport au danger extrême que représentait, pour l'humanité, la barbarie nazie. C'est dans ce contexte que se situe l'épisode de la lettre à Roosevelt évoqué plus haut. Après la Seconde Guerre Mondiale, Einstein, Russel et d'autres militèrent activement contre la course aux armements et pour le rapprochement des peuples²⁶. Nous avons mentionné en passant, dans le résumé biographique, la lutte d'Einstein contre le maccarthysme. Quant aux systèmes ou régimes politiques, Einstein se prononçait avant tout pour la démocratie; il penchait vers le socialisme, et dénonça à plusieurs reprises l'oligarchie du capital privé, son contrôle sur l'information qui altère l'usage des droits politiques des citoyens, le fait que la production soit orientée vers le profit, non vers le besoin. Pour lui la solution la plus indiquée pour éliminer ces maux serait le socialisme: mais il soulevait à son propos le problème de la bureaucratie²⁷.

Actualité d'Einstein, ici encore. Je citerai ici ce commentaire fait par un physicien d'un pays en voie de développement à propos des idées ci-dessus: "Oui, c'est l'auteur de la relativité qui a écrit ces mots. Physiciens des pays développés, prix Nobel, scientifiques du monde entier, hommes de

23. Ibid, p. 139-140.

24. Ibid, p. 53.

25. Ibid, p. 53 (texte de 1937).

26. Sur les conceptions politiques d'Einstein, notamment sur son engagement pacifiste, puis contre le nazisme et enfin pour le désarmement, voir le recueil compilé par O. Nathan et H. Norden, *Einstein on peace*.

27. Voir notamment l'article sur le socialisme dans *Ideas and opinions*. Quant au système soviétique, et notamment à sa philosophie d'Etat, Einstein a émis à son sujet des remarques acerbes.

21. Ibid, p. 52.

22. Ibid, (lettre du 6.2.1954).

sciences ordinaires, écoutez Einstein non seulement quand il parle de sa physique, mais également quand il parle en homme responsable, en citoyen à part entière, solidaire de ses semblables, préoccupé de la structure et du destin des sociétés, militant contre l'injustice et l'arbitraire"²⁸.

Sur la judaïte d'Einstein, également, beaucoup a été dit, et il serait bon de replacer ses actions et ses déclarations sur ce chapitre dans leur juste éclairage. S'il s'est reconnu juif au début des années 20, c'est surtout par le regard que les non-juifs portaient sur les juifs; s'il a milité pour le sionisme — dans le sens de l'installation d'un foyer juif en Palestine —, c'était pour protéger les juifs des persécutions là où ils en encouraient, et toujours avec le souci d'une égalité et d'une coexistence entre juifs et arabes. Il a toujours, en tout cas, dénoncé toute tendance à établir un Etat religieux, théologique. Certes, estimait-il, il y a une sensibilité juive, qui est d'ordre culturel. "Si l'on regarde l'histoire de leurs souffrances", écrivait-il au sujet des juifs, "on se rend compte que le fait d'être juif avait un impact plus important que l'appartenance à une communauté politique; si, par exemple, les juifs étaient chassés d'Allemagne, ils cesseraient d'être allemands, ils changeraient de langue et d'appartenance politique; mais ils resteraient juifs. C'est certainement une question difficile de savoir pourquoi il en est ainsi; j'en vois la raison non pas tant dans les caractéristiques raciales, que dans des traditions solidement implantées qui ne sont, en aucune sorte, limitées à la religion"²⁹.

Mais, ce qui compte fondamentalement, c'est ceci: "En dernière analyse, toute personne est un être humain, qu'il soit américain ou allemand, juif ou gentil; je serais un homme heureux si l'on pouvait s'accorder sur ce point de vue, le seul digne d'être"³⁰.

Et c'est aussi, à une époque où le racisme et l'apartheid fleurissent encore, et où certains ont pu croire que la semence des prix Nobel possède des avantages génétiques, une référence utile de savoir que pour Einstein ce n'est ni la race ni la

nation, ni la culture, ni le savoir qui comptent, mais seulement ceci: que l'on est un être humain. Et c'est parce qu'il était un être humain et par la conscience vive qu'il en avait, qu'Einstein ne s'est pas cantonné à un rôle de savant "pur, exotique, apolitique" et qu'il fut "un citoyen du monde préoccupé des grands problèmes humains"³¹.

EN GUISE DE CONCLUSION: ACTUALITÉ D'EINSTEIN

Chemin faisant, nous venons de voir qu'Einstein, fondateur de la physique du vingtième siècle, mais tenu et s'étant volontairement tenu à l'écart des courants dominants de la recherche dès les années 20, pouvait apparaître toujours actuel du moins par ses considérations épistémologiques et philosophiques, qui sont, pour peu qu'on veuille bien les considérer, au coeur des débats brûlants d'aujourd'hui, ainsi que par la portée et la signification de ses vues sur l'engagement dans la cité en tant que savant (et il nous dit que c'est en tant qu'être humain situé à telle place dans la cité qu'il prend telle option, non parce que la science le lui prescrivait). Il nous reste à voir si ses contributions scientifiques sont vraiment enfouies déjà dans les couches sédimentaires de l'histoire, ou si les développements récents n'indiqueraient pas au contraire pour elle un renouveau d'actualité (ou, plutôt, leur permanence un temps masquée par des vues plus superficielles).

Dans la direction de la physique quantique, dont le champ d'application et de développement était immense, le succès de cette théorie semblait avoir balayé tous les doutes et toutes les interrogations suscitées par le formalisme et par l'interprétation de l'Ecole de Copenhague. Or, un argument soulevé par Einstein en 1935, et qui avait abouti à formuler la propriété d'"inséparabilité" des systèmes quantiques, s'est trouvé connaître dans ces dernières années un regain d'actualité avec l'énoncé en 1964 du "théorème de Bell" et la mise en évidence expérimentale récente des "corrélations quantiques à distance". Indéniablement, même si toutes les revendications d'Einstein sur les systèmes physiques ne sont pas nécessairement suivies par la nature (en l'occurrence, la "localité" ne l'est

28. J. Leite Lopes. "Einstein, la pasión de un científico por los problemas del hombre", in Julian Chela Flores, ed., *Einstein*, Equinoccio, Ed de la Univ. Simon Bolívar, Caracas, 1981, p. 29-41. (La traduction est de moi, M.P.).

29. *Albert Einstein, the human side*, op. cit., p. 80.

30. *Ibid.*, p. 79.

31. J. Leite Lopes, op. cit.

pas), son questionnement sur le caractère de complétude ou non de cette théorie n'a pas cessé de porter des fruits quant aux exigences de clarification des conceptions quantiques³².

Toujours dans le domaine légiféré par la mécanique quantique, les accomplissements récents en théorie des particules élémentaires présentent des caractères qui ne sont pas sans évoquer quelques unes des indications proposées par Einstein en matière de théorie fondamentale. Passée la phase "semi-empiriste" d'engrangement de nombreuses données factuelles (existence et propriétés de plusieurs centaines de particules élémentaires), qui avait paru mettre de côté — et peut-être de façon définitive — toute prétention à une théorie fondamentale et unitaire, c'est cette dernière préoccupation qui semble depuis un peu plus d'une dizaine d'années déterminante désormais, avec le retour généralisé de la théorie quantique des champs. Bien sûr, il s'agit là de champs quantifiés, et non pas continus au sens du champ de gravitation ou du champ unitaire recherché par Einstein. Mais ces champs suivent cependant en un sens un modèle "einsteinien": leur forme, d'où découle la dynamique des interactions, résulte d'un principe de symétrie ou invariance des lois physiques posé au départ. Il s'agit en l'occurrence des champs de jauge de Yang et Mills, définis par des symétries de jauge qui semblent bien être fondamentales dans la physique des particules élémentaires et servir de principes directeurs pour une unification des champs d'interaction; cette dernière semble promise à de grands succès (théorie du champ électro-faible de Glashow, Weinberg et Salam, théorie de la chromodynamique quantique, théorie de grande unification, l'ultime étape de ce programme étant, par la voie des supersymétries, l'unification du champ de grande unification et de celui de gravitation). Cette dernière étape, si elle était franchie, manifesterait la réalisation de l'ambitieux projet d'Einstein, obtenue certes par d'autres voies, mais non sans connexion avec les principes directeurs de sa conception d'une théorie physi-

que, si décriés en son temps. Clio est une déesse pleine d'ironie — et de sagesse.

Dans la direction de la théorie de la relativité générale, qui, après 1920, connut l'éclipse dont nous avons parlé, le renouveau date de 1955 environ, lorsqu'il apparut que des observations expérimentales importantes en astrophysique pouvaient être mises directement en rapport avec des prédictions de la théorie générale de la gravitation. Telle fut l'observation, par Arno, Penzias et Wilson, de la radiation centimétrique isotrope du fond du ciel (celle d'un corps noir à 3K), résidu fossile des premiers instants de l'univers, décalé, par l'expansion, vers les grandes longueurs d'onde. Elle confirmait l'hypothèse cosmologique de l'explosion primordiale, ou Big-Bang, dont la théorie fondamentale est fournie par la Relativité Générale quand on l'applique à l'univers dans son ensemble. Il n'est pas jusqu'à certains des nouveaux corps découverts dans le cosmos, qui ne soient pensables que dans le cadre de théorie einsteinienne de la gravitation (étoiles très massives, quasars, trous noirs...). L'un des problèmes les plus actuels de la cosmologie (aujourd'hui la science de l'histoire de l'univers) est de savoir quel type de solution des équations d'Einstein est effectivement celui suivi dans la nature: expansion indéfinie, ou recontraction (il dépend de la masse totale de l'univers qui n'est pas encore connue avec certitude: l'un des problèmes les plus frappants à cet égard étant celui de la masse des neutrinos qui, si elle n'est pas nulle, peut suffire à assurer une attraction gravitationnelle propre à déterminer une reconcentration).

Cette évocation sommaire de développements actuels de la physique et de l'astrophysique est suffisamment parlante quant à l'actualité des conceptions d'Einstein en ce domaine aussi — lui qu'on avait cru reléguer au musée de son vivant même. En fait, sur ces points comme sur les autres, nous n'avons pas fini d'évaluer l'importance des contributions et des conceptions de ce savant et penseur considérable.

32. Je renvoie à mon étude sur l'inséparabilité quantique citée dans la note 12.