



UNE TRAGÉDIE DE LA SCIENCE

La vie de Max Planck

La découverte de la quantification de l'énergie par Max Planck lança un défi que la science physique n'a toujours pas relevé. Il rejeta la non causalité de l'Ecole de Copenhague. D'autre part, son caractère et son honnêteté firent de lui la cible des nazis.

Lorsqu'un jeune qui s'est passionné pour la recherche scientifique au lycée décide de faire des études en physique, il connaîtra, généralement au bout des premiers semestres, ou au plus tard en abordant la physique des quanta, un profond désenchantement. Au début, il voudra s'attaquer à tous les problèmes non encore résolus, car il aura intuitivement compris que c'est cette voie qui est à l'origine de tous les progrès du passé. Mais il constatera rapidement que le monde scientifique, lui, a choisi le compromis. Au lieu d'étudier les questions restées sans réponse des derniers siècles, il ne s'occupe que de calculer, jusqu'à la nième décimale, les degrés de probabilité. Devant l'embarras de l'étudiant, le professeur rétorquera : « Oui, mais les calculs sont si bien faits avec nos formules ». L'étudiant acceptera

alors le compromis pour se faire une carrière, ou bien il se révoltera.

Le paradoxe des quanta

La découverte de la quantification de l'énergie par Max Planck, à savoir le fait qu'un corps émet de la radiation non pas de façon continue mais plutôt en « portions » distinctes, ou quanta, a ravivé la question de savoir si la lumière est composée de particules ou d'ondes. Pour Planck, ces quanta étaient définis par la « constante de l'action », en allemand *Wirkungskonstante*.

Depuis l'époque de Léonard de Vinci (1452-1519), on supposait que la lumière devait être un phénomène

Caroline Hartmann

ondulatoire du fait que les rayons de lumière peuvent s'entrecroiser ou, dans certaines conditions, se renforcer ou s'affaiblir mutuellement (interférence), comme les vagues d'eau. Mais cette conception est irréconciliable avec l'existence des quanta, tout au moins dans le cadre de la physique dite classique. Pour Planck, « savoir si les rayons de lumière eux-mêmes sont quantifiés, ou si l'effet quantum n'existe que dans la matière, est, en effet, le premier et le plus grave dilemme auquel est confronté l'ensemble de la théorie des quanta. »

Après Léonard, deux conceptions opposées se développèrent : les disciples de Newton maintenaient que la lumière devait être composée de parti-

cules, tandis que d'autres, comme Christiaan Huygens, défendaient la théorie ondulatoire. Au début du XIX^{ème} siècle, un troisième courant, plus pervers, affirma qu'il n'était guère nécessaire de trancher la question — qu'il suffisait de représenter les phénomènes naturels dans des « modèles ». Le plus important défenseur de cette théorie fut James Clerk Maxwell.

Il y eut néanmoins de sérieux efforts pour résoudre ce problème et certains chercheurs étaient prêts à chambouler toutes les idées acquises, si nécessaire, pour y arriver. Erwin Schrödinger, par exemple, proposa de décrire la répartition de l'énergie à l'intérieur de l'atome comme la superposition d'un certain nombre d'ondes. Son approche était approuvée par de nombreux scientifiques de l'université de Berlin, dont Max Planck, Albert Einstein, Wilhelm Wien et Max von Laue. Planck qualifia cette théorie de « merveilleuse » et de « mémorable ». Il écrivit à Schrödinger :

« Je lis votre traité comme un enfant captivé qui attend la réponse à une devinette qui le tracasse depuis longtemps. »

Mais les scientifiques « révolutionnaires » de Berlin, autour de Planck et de Schrödinger, se heurtèrent à la résistance farouche de l'école de Göttingen et du groupe de Copenhague dirigé par Niels Bohr. Ces derniers s'efforçaient de protéger la pratique bien établie en la matière, qui consistait à calculer la propagation continue des ondes dans l'espace à l'aide des équations électrodynamiques de Maxwell. En effet, l'empirisme de Maxwell, Helmholtz, Kronecker ou Dubois-Reymond jugeait superflue toute interrogation épistémologique, se contentant de la simple « description » des processus naturels. La question des relations légitimes ne se posait tout simplement pas pour eux. Dans un essai de 1856 (*Les lignes de force de Faraday*), Maxwell affirme :

« Pour former une conception physique ou pour avancer une théorie physique spécifique, nous devons bien connaître l'existence d'analogies physiques. Par analogie physique, j'entends la similitude partielle entre les lois d'un do-

maine donné de phénomènes et celles d'un autre, qui fait que l'un illustre l'autre. (...) De cette façon, en termes formels, nous trouvons une conformité parfaite entre les lois de deux domaines différents de phénomènes, dont tous deux ont fourni le point de départ d'une théorie physique de la lumière. »

Lors de la célèbre conférence de Solvay de 1927, Niels Bohr détermina qu'il n'y aurait pas de discussion à l'école de Copenhague sur la nature de la lumière. On la traiterait ou bien comme onde ou bien comme particule, en fonction de l'appareillage utilisé dans l'expérimentation. Pour Max Born, la théorie des quanta était une simple méthode de calcul des probabilités. De là fut lancée la théorie de la probabilité, qui reste encore aujourd'hui le dernier mot de la mécanique quantique. Afin de pouvoir calculer avec une certaine « précision », on emprunta le « principe d'incertitude » de Werner Heisenberg, suivant lequel il n'est pas possible de calculer exactement et simultanément la position et l'impulsion d'une particule subatomique.

Planck défend la causalité

Max Planck s'éleva contre cette théorie, affirmant que le principe d'incertitude reviendrait à interdire de parler de valeurs exactes pour p et q , impulsion et position :

« Ceci mènerait à une limitation inacceptable de la liberté de la pensée (...) et au mauvais usage de l'instrument principal dont le théoricien doit se servir. »

Avec ce principe, on avait mis au ban l'idée de l'ordonnement légitime de l'univers, bien que cette notion ait toujours motivé la recherche de la vérité scientifique. Planck ne pouvait admettre que l'école de Copenhague abandonnât cette recherche et acceptât l'ignorance sur des questions qui avaient passionné au plus haut point les physiciens du passé. Il s'étonna d'une telle complaisance envers ce que Einstein baptisa « la religion ou la philosophie tranquillisante de Heisenberg-Bohr ». Max

von Laue, de son côté, affirma que « ce pessimisme exalté, cette impatience à se soumettre, n'était qu'une des formes du profond pessimisme culturel qui assombrissait l'époque. »

Pourtant, l'école de Copenhague sut s'imposer, grâce entre autres aux conférences de Solvay, au cours desquelles les Bohr, Heisenberg et Born pouvaient prêcher cette théorie à la communauté scientifique.

Que ce soit à cause des circonstances politiques créées par les guerres mondiales, qui avaient porté un coup dur à la science pure, ou que ce soit parce qu'on n'avait pas attaqué avec suffisamment de vigueur les fausses théories, pensant peut-être que la vérité finirait par se manifester toute seule, toujours est-il que les efforts de Planck et de Schrödinger, son successeur à l'Académie prussienne des Sciences, ne portèrent pas. Planck reconnu :

« L'introduction de la non causalité dans la conception du monde physique pourrait donner lieu à des interprétations qui auraient des conséquences désastreuses pour notre société. »

Mais sa mise en garde ne fut pas entendue. L'attitude trop tolérante de Planck vis-à-vis de ses collègues empiristes contribua aussi au fait que les questions relatives à l'univers soulevées par sa théorie des quanta restèrent sans réponse. Même les mathématiques de l'époque, qui reposaient sur les équations empiristes et déterministes de Maxwell, étaient incapables de décrire des « sauts » dans la nature.

Planck était bien sûr conscient des difficultés posées par le paradoxe onde-particule :

« Il est évident que, dans cette situation, les équations différentielles de la physique classique perdent leur importance fondamentale. »

Ailleurs, il écrivait :

« Mais l'existence même d'une limitation objective comme celle que représente le quantum élémentaire d'action, doit être considérée comme le signe du

« règne d'une certaine légitimité de type nouveau, qu'on ne peut attribuer en elle-même à la statistique. (...) Apparemment, il ne reste plus que la supposition manifestement radicale selon laquelle les notions élémentaires de la physique classique ne suffisent plus dans la physique atomique. » (C'est nous qui soulignons)

Pourtant, ni Planck, ni Schroedinger, ni Einstein n'eurent recours à la nouvelle théorie des nombres cardinaux élaborée par le mathématicien Georg Cantor (1845-1918). Celui-ci considérait l'univers comme une seule unité négumentropique en développement constant. Il était convaincu que l'esprit humain possède un potentiel de développement illimité, qui lui permet de comprendre l'évolution de l'univers et de l'exprimer, comme une langue, au moyen des mathématiques de plus en plus perfectionnées. Cantor dit : « Les mots "raison finie", que l'on entend si souvent, ne sont pas du tout justes, à mon avis. Aussi limitée que soit la nature humaine, elle comporte une grande part d'infini. »

Il se réfère au *Parménide*, dialogue dans lequel Platon décrit les paradoxes posés aux différents niveaux de connaissance, et aussi à la *Monadologie* de Leibniz. C'est sur ce principe de développement que reposait sa nouvelle forme de mathématiques, ce qui lui valut les attaques des empiristes, surtout de Kronecker.

Cantor était le seul mathématicien qui, dans la tradition de Gauss et de Riemann, s'attacha à montrer que les prétendus « sauts » dans l'univers représentaient des points singuliers d'une unité qui se développe. Mais malheureusement, Planck et ses collègues de Berlin ne reconnurent jamais son importance. Par conséquent, ils ne s'attachèrent pas à développer, rigoureusement, une nouvelle forme de mathématiques. Après Cantor, on ne peut plus vraiment parler d'une science à la recherche de la vérité.

Qui est Max Planck ?

Max Planck est né le 23 avril 1858 à Kiel. Son père, éminent professeur

de droit, fut nommé en 1867 à l'université de Munich, où il représenta ses collègues auprès de la Commission d'administration. Son arrière-grand-père, Gottlieb Jakob Planck (1751-1833), était un philosophe leibnizien. En 1781, l'année même où Schiller quittait la Karlschule de Stuttgart, Gottlieb Planck y était nommé professeur et pasteur. En 1784, il accepta une chaire à l'université de Göttingen, où il demeura quarante-neuf ans, rejetant les offres d'autres institutions. Gottlieb Planck se montra tolérant et équitable envers ceux qui ne partageaient pas ses idées, qualité dont son arrière-petit-fils hérita. En effet, Hans Hartmann écrit de Max Planck :

« Ceux qui ont appris à connaître Max Planck étaient frappés par son attitude courtoise, qui se manifestait non seulement dans sa manière toujours noble d'engager le combat, mais aussi dans le jugement qu'il portait sur les autres. Il lui était impossible de soupçonner de mauvaises intentions chez autrui à moins qu'il n'en eût la preuve. »

Max Planck faillit devenir non pas physicien, mais musicien. Il chantait en solo dans un chœur d'enfants et, jeune étudiant, il composait, pour des soirées en famille ou entre amis, des chansons, des petites pièces de théâtre et écrivit même une opérette. Plus tard, il fut nommé maître adjoint du chœur académique et tenait l'orgue pour les messes en l'église de l'université. Durant ses études à Berlin, il travaillait systématiquement le piano et envisageait sérieusement de se consacrer à une carrière musicale. En fin de compte, il choisit la physique, mais continua à étudier l'harmonie et le contrepoint.

Planck, tout comme nombre d'autres savants de Berlin, se considérait comme un artiste. Il expliquait :

« Ce n'est pas la logique mais l'imagination créatrice qui allume la première étincelle d'une idée nouvelle dans l'esprit du chercheur se heurtant à une zone sombre. (...) Et sans imagination, de nouvelles idées heureuses ne peuvent germer. Car si, au milieu du travail modeste et patient sur les détails, qui

exige tant de l'esprit et du corps, il y a une pensée qui nous renforce et nous élève, c'est bien celle de savoir que nous autres, physiciens, ne travaillons pas pour aujourd'hui, ni pour un succès momentané mais, pour ainsi dire, pour l'éternité. »

La musique tenait un grand rôle dans les cercles scientifiques de Berlin à la fin des années 1880. Einstein parlait des « besoins artistiques de [Planck] qui l'amènèrent à des accomplissements créateurs ». Souvent, le grand violoniste Joseph Joachim, un ami de Brahms, était invité chez Planck pour jouer avec lui des sonates pour violon et piano de Beethoven. Bien d'autres musiciens professionnels admiraient sa profonde sensibilité pour l'intention du compositeur ainsi que l'élan de son jeu. Avec d'autres physiciens comme Einstein et Sommerfeld, se déroulaient de temps en temps des soirées de trios ou de quatuors, auxquels des étudiants prenaient aussi part. Le neveu de son épouse, Hans Hartmann, écrit dans sa biographie de Planck que la musique n'était pas seulement pour lui une forme de détente, mais une partie essentielle de sa vie, un domaine dans lequel son esprit pouvait se développer librement.

Travaux sur la thermodynamique

Une fois diplômé du lycée, Planck fit d'abord trois ans d'études à Munich, suivis d'un an à Berlin avec Helmholtz et Kirchhoff. Il écrivait à ce propos :

« Je dois confesser que les leçons de ces deux hommes ne me valurent point d'appréciables gains intellectuels. D'évidence, Helmholtz ne préparait jamais convenablement ses cours. Il parlait toujours, de manière hésitante, recherchant dans son petit carnet de notes les précisions nécessaires. En outre, il faisait constamment des erreurs de calcul au tableau noir et nous avions, nous, l'impression que son enseignement l'ennuyait pour le moins autant que nous. »

Planck ne partageait nullement la conception mécaniste de la nature mise en avant par Helmholtz, mais il

le considérait comme une célébrité du monde scientifique. Il refusa de lancer une attaque directe contre la physique mécaniste et l'image linéaire du monde, comme avait osé le faire Cantor.

En 1878, âgé de 20 ans, Planck rédigea sa thèse de doctorat en quatre mois ; l'année suivante, après avoir longuement étudié les travaux de Rudolf Clausius, il achevait une dissertation sur les deux principes fondamentaux de la thermodynamique.

Il s'y élevait contre une interprétation trop étroite du principe de Clausius sur l'accroissement de l'entropie, parce que pour celui-ci, la preuve du second principe de la thermodynamique découlait de l'hypothèse selon laquelle « la chaleur ne peut passer spontanément d'un corps froid à un corps chaud ». Planck note :

« Cette hypothèse doit être complétée d'une application qui l'éclaire. Car cela signifie non seulement que la chaleur ne passera pas directement d'un corps froid à un corps chaud, mais également qu'il est impossible de transférer, par un moyen quelconque, de la chaleur d'un corps froid à un corps chaud sans qu'il reste dans la nature quelque chose de changé pour servir de compensation. »

Planck trouva plus simple et plus convaincante la formulation suivante :

« Le processus de transfert de la chaleur ne peut en aucun cas être totalement inversé. »

Il qualifia ce type de processus de « naturel », terme plus couramment remplacé aujourd'hui par celui d'« irréversible ».

« Pourtant, il semble impossible d'extirper l'erreur qui s'élève de toute interprétation trop étroite du principe de Clausius, — une erreur que je n'ai cessé de combattre infatigablement toute ma vie. Aujourd'hui encore, au lieu de la définition que je viens précisément de donner, on trouve souvent l'irréversibilité définie de la manière suivante : "Un processus irréversible est celui qui ne peut avoir lieu dans la direction oppo-



« La définition originale de l'irréversibilité souffre d'un défaut significatif, puisqu'elle suppose au préalable certaines bornes aux pouvoirs humains, alors qu'une telle limite n'a jamais été prouvée dans la réalité. Au contraire, l'humanité s'efforce constamment d'étendre plus loin les limites de ses capacités, et nous espérons réaliser à l'avenir beaucoup de choses qui sont peut-être aujourd'hui considérées généralement comme infaisables. »

sée". Cette formulation est insuffisante. Car il est tout à fait possible de concevoir qu'un processus, qui ne peut avoir lieu dans la direction contraire, puisse par quelque moyen être complètement inversé. »

Après avoir découvert le quantum d'action, Planck affirmait explicitement dans un discours en 1908 sur *L'unité de la conception du monde physique* :

« La définition originale de l'irréversibilité souffre d'un défaut significatif, comme nous l'avons vu, puisqu'elle suppose au préalable certaines bornes aux pouvoirs humains, alors qu'une telle limite n'a jamais été prouvée dans la réalité. Au contraire, l'humanité s'efforce constamment d'étendre plus loin les limites de ses capacités, et nous espérons réaliser à l'avenir beaucoup de choses qui sont peut-être aujourd'hui considérées généralement comme infaisables. Ne pourrait-il pas arriver que le processus qui nous semble encore maintenant irréversible, s'avérera réversible à la suite d'une nouvelle invention ou découverte ? Alors toute la structure de la Deuxième loi [de la thermodynamique] s'effondrerait certainement, car la réversibilité d'un seul processus exige, comme on peut facilement le démontrer, celle de tous les autres. »

Pourtant, plus tard, dans son célèbre essai *La découverte du quantum d'action*, Planck s'appuya sur les équations d'entropie de Clausius pour arriver à sa formule.

La critique de Planck ne suscita aucun intérêt et encore moins d'approbation, comme il l'écrivit lui-même, dans le monde scientifique d'alors. A Munich, ses professeurs, comme Philip von Jolly, ne comprirent pas sa thèse et Hermann Helmholtz ne la lut même pas. Planck ne parvint même pas à en donner un exemplaire à Clausius, malgré diverses tentatives. Néanmoins, il poursuivit ses études sur l'entropie avec autant d'énergie et de passion, approfondissant sa propre conception de la nature. Finalement, ses efforts inlassables lui permirent de renverser la conception établie de la physique par l'explication mathématique du rayonnement du corps noir.

Planck défend Leibniz

Ayant obtenu son diplôme de maître de conférences en 1880, Planck quitta l'université de Munich pour aller à celle de Kiel, où un ami intime de son père, Gustav Karsten, était professeur de physique. Il commença à se faire un nom dans le monde scientifique en remportant le prix décerné par la Faculté de philosophie de Göttingen, pour un mémoire intitulé *La nature de l'énergie*.

Dans ce mémoire, il se montre fasciné par le principe de la conservation de l'énergie et soulève l'une des plus profondes questions de l'histoire de la science. Il y aborde les différences entre la notion de *force vive* (*vis viva*) de Leibniz et celle de la « force » de Newton, évoquant aussi la bataille opposant à ce sujet Leibniz à René Descartes et à Samuel Clarke, un allié de Newton.

Leibniz différencie la *force vive* de la *force morte* :

« Donc, il apparaît une nouvelle distinction entre, d'une part, ce que j'appelle la *force morte* et qui contient seulement l'élément de force, car ici nous n'avons pas de mouvement mais seulement une impulsion au mouvement, comme dans le cas d'une pierre qui, tournoyant dans une fronde, essaye de bouger en direction de la tangente, même si la fronde l'en empêche ; et d'autre part, l'autre force, que j'appelle *force vive*, qui est la force normale, celle qui est dotée du mouvement réel (...). Pour les forces morte et vive, la vitesse et la tendance de mouvement, ont une relation l'une à l'autre de la même manière qu'une ligne à un point, ou un plan à une ligne. »

Planck écrit dans son essai sur la conservation de l'énergie :

« Des divergences d'opinion étaient tout à fait possibles quant à savoir si la véritable mesure de cette notion était la quantité du mouvement cartésienne ou bien la *force vive* leibnizienne. Si la confrontation avait suivi cette forme rigoureuse, Leibniz aurait eu gain de cause. »

Il reconnaît :

« La notion newtonienne n'a plus rien à voir avec la *force vive* de Leibniz (...). Cette grandeur [newtonienne] n'a bien sûr rien à voir avec le principe de la conservation de la force. C'est peut-être l'une des raisons pour lesquelles on s'intéressait moins à ce principe. La notion leibnizienne de force paraît aujourd'hui être l'accomplissement du travail de la force newtonienne ; celle-ci représente une condition nécessaire, mais pas suffisante, pour l'accomplissement du travail. (...) Il semble que Newton ne s'est jamais particulièrement occupé de la notion de l'accomplissement ou du travail d'une force. »

Plus tard, Sadi Carnot (1796-1832) appliqua le principe de la conservation de l'énergie à la chaleur. Par la suite, Robert Mayer (1814-1878), médecin et chercheur, expliqua de quelle façon l'énergie est conservée dans les phénomènes de chaleur. Il découvrit l'équivalent mécanique de la chaleur et en même temps, « la mesure commune de tous les phénomènes reconnus comme équivalents », à savoir le mouvement, l'affinité chimique, la cohésion, l'électricité, la lumière, la chaleur et le magnétisme.

Dans ses travaux sur l'équivalent de la chaleur, s'appuyant sur la *Monadologie* de Leibniz, Robert Mayer écrit :

« Il ne peut y avoir d'effet sans cause, ni de cause sans effet : ex nihilo nihil fit [rien ne vient de rien], ou dans le sens contraire, Nil fit ad nihilum [rien ne mène à rien]. Ou plutôt, chaque cause a un effet bien précis correspondant, pas moindre ou plus grand ; donc, la cause contient précisément tout ce qui mène à un certain effet, et ceci est complètement reflété dans l'effet, bien que sous une forme différente. Ainsi, la cause et l'effet sont dans un certain sens équivalents : Causa aequat effectum. »

Robert Mayer décida d'utiliser le terme « force » dans le sens leibnizien parce qu'il considérait cette notion comme plus fondamentale. Planck fit remarquer à juste titre :

« Dans ses considérations, Mayer a peut-être raison. Selon l'état actuel de la

science naturelle, la notion de Leibniz est en effet devenue plus importante ; mais il n'a pas tenu compte de la puissance du développement historique de la science. La science physique était basée sur la mécanique et, dans la mécanique, la notion de Newton avait été trop solidement implantée pour être simplement remplacée par un autre terme. (...) C'est seulement eu égard à l'histoire qu'on peut expliquer cette inconséquence, qui aujourd'hui au moins ne porte plus en elle le danger d'un malentendu. »

Mais ce ne fut pas du tout le développement « accidentel » de l'histoire qui imposa la notion newtonienne, comme en témoignent les batailles intenses menées contre Leibniz et ses travaux de son vivant et qui, après sa mort, réussirent à bannir ses principes de la science. A tel point que l'on trouve rarement aujourd'hui le nom de Leibniz dans les livres de physique.

La fascination de Planck pour le principe de la conservation de l'énergie s'explique par le fait qu'il savait que la nature dévoile ses secrets avant tout dans l'observation des phénomènes les plus simples et les plus généralement valables.

Résistance à Helmholtz

A la mort de Kirchhoff, Max Planck accepta l'invitation qui lui fut adressée par la faculté de philosophie de Berlin, prendre sa succession à l'université, pour enseigner la physique théorique. Ce fut au printemps 1889. Très vite, Planck se heurta à Helmholtz et à la notion mécaniste de la nature qui considère toutes les forces élémentaires comme des « forces centrales », c'est-à-dire que l'intensité avec laquelle elles s'attirent ou se repoussent dépend uniquement de leur distance. Déjà au cours de ses travaux sur la conservation de l'énergie, Planck avait reconnu l'erreur contenue dans cette notion :

« Il est remarquable qu'avec la découverte de l'équivalent mécanique de la chaleur et avec le développement du principe universel de la conservation de

l'énergie, l'idée se soit si vite imposée que tous les phénomènes naturels sont basés sur le mouvement et qu'elle fut même plus ou moins identifiée à lui. Mais ce principe, strictement interprété, n'affirme rien d'autre que la transformabilité d'une force naturelle en une autre, suivant des relations clairement définies, mais ne dit rien sur la façon dont cette transformation se produit. Partant de la validité de ce principe, on ne peut en aucun cas en déduire la nécessité d'une conception du monde mécaniste, alors qu'inversement, le principe lui-même s'avère être une conséquence nécessaire de cette conception, au moins si nous partons de l'idée des forces centrales. Cette dernière circonstance, en combinaison avec le besoin de développer une conception unifiée du fonctionnement des forces naturelles, explique suffisamment l'acceptation rapide, sans contestation, de la théorie mécaniste qui a, en effet, été confirmée de manière spectaculaire jusqu'à présent. »

Les partisans du courant mécaniste réduisaient tout phénomène — chaleur, magnétisme, mécanique — aux effets réciproques de corps mécaniques. En outre, Helmholtz, l'un des plus éminents représentants de ce courant, propageait l'idée de Lord Kelvin (Thompson) sur la « mort thermique » de l'univers, selon laquelle toute la nature va inévitablement s'épuiser, comme si c'était une machine à combustion arrivant au bout de son carburant. Un de ses collègues, Emil Du Bois-Reymond, qui encensa Charles Darwin en tant que « Copernic du monde organique », présenta ses « sept devinettes du monde » lors d'une conférence à l'Académie prussienne des sciences le 8 juillet 1890. Il prétendit que ces problèmes étaient « insolubles par l'esprit humain ».

Planck par contre était convaincu que cette conception s'avérerait indéfendable à long terme :

« Je savais avec une certitude absolue que mon affirmation d'une différence de principe entre la conduction de la chaleur et la réduction de poids serait un jour démontrée (...). Ainsi, en fin de compte, les choses avancèrent tellement que mon affirmation de différence de principe entre la conduction de la cha-



Helmholtz, l'un des plus éminents représentants du courant mécaniste, propageait l'idée de Lord Kelvin (Thompson) sur la « mort thermique » de l'univers, selon laquelle toute la nature va inévitablement s'épuiser, comme si c'était une machine à combustion arrivant au bout de son carburant.

leur et un processus purement mécanique fut victorieuse face aux apparences défendues par des autorités de premier plan ; mais mon engagement dans cette bataille n'était absolument pas nécessaire car, sans mon engagement, le changement aurait de toute façon eu lieu. »

Dans son autobiographie, Planck remarque avec humour :

« Cette expérience me valut de surcroît l'occasion d'apprendre un fait que je tiens pour très remarquable : une vérité nouvelle en science n'arrive jamais à triompher en convainquant les adversaires et en les amenant à voir la lumière, mais plutôt parce que, finalement, ces adversaires meurent et qu'une nouvelle génération grandit, à qui cette vérité est familière. »

Malheureusement, cette constatation n'est pas vraie. Comme le montre l'histoire de la bataille entre partisans des théories ondulatoire et corpusculaire, depuis l'époque de Leibniz, Huygens et Newton, la conception selon laquelle les forces naturelles agissent comme de simples forces d'attraction et de répulsion, dans des actions réciproques et linéaires, a toujours trouvé de nouveaux défenseurs — que ce soit sous la bannière de la

« théorie de l'émanation » de Newton, de la « doctrine mécanique de la nature » de Helmholtz ou du « principe d'incertitude » de Heisenberg.

Aujourd'hui, la science ne pourra connaître de nouveaux progrès fondamentaux avant de se débarrasser de l'idée mystique de particules se déplaçant de manière linéaire dans l'espace rectiligne en fonction de probabilités, et de remettre en valeur l'idée d'un univers en développement — vers plus d'harmonie et de beauté — qu'on peut représenter de façon intelligible en des termes géométriques. C'est seulement cette méthode, dans la tradition de Leibniz, Huygens, Cantor et Riemann, qui est digne de l'homme créateur. C'est elle qui a produit les grandes découvertes scientifiques du passé. La bataille n'est pas encore finie, mais il est certain qu'aujourd'hui, la pensée mécaniste est plus répandue que dans le passé.

Découverte du quantum d'action

En 1894, Planck fut nommé membre de l'Académie prussienne des

Sciences. Au cours des années suivantes, il s'efforça d'élargir le champ d'application de la thermodynamique à d'autres domaines. Il comprit, au cours de ses recherches, qu'il serait nécessaire de mettre des limites au principe de l'entropie et à ses applications. Dans une confrontation avec Boltzmann, il affirma :

« Il serait tout à fait infondé de supposer que les changements dans la nature suivent toujours la direction de la moindre probabilité vers la plus grande. »

Planck était également convaincu que le problème essentiel de la physique était de réconcilier la mécanique avec la thermodynamique. Pour cette raison, il se sentait attiré par le phénomène dit de la distribution normale de l'énergie dans le rayonnement des corps noirs.

« Les mesures faites par O. Lummer et E. Pringsheim à l'Institut impérial de Physique technique, en liaison avec l'étude du spectre thermique, attirèrent mon attention sur la loi de Kirchhoff, qui dit que dans une enceinte vide, limitée par des parois entièrement réfléchissantes, et contenant un nombre arbitraire quelconque de corps émetteurs et absorbants, il arrive un moment où un état est atteint dans lequel tous les corps ont la même température et où la radiation — avec toutes ses propriétés y compris sa distribution spectrale d'énergie — dépend non pas de la nature des corps, mais seulement et exclusivement de la température. Ainsi, ce qu'on a appelé la distribution normale du spectre d'énergie représente quelque chose d'absolu, et comme j'avais toujours considéré la recherche de l'absolu comme le but suprême de toute activité scientifique, je me mis ardemment à l'ouvrage. »

Certains physiciens anglais, notamment James Jean, tentèrent de dissuader Planck de mener des recherches sur le rayonnement du corps noir, arguant que les formules établies de Wilhelm Wien n'avaient pas abouti pour le rayonnement par infrarouge. Dans une lettre à Wien, Planck constatait que Jean « est l'image de ce qu'un théoricien ne doit pas être, exactement comme Hegel le fut pour la philosophie — tant pis pour les faits,

Planck était gêné par les turbulences qu'il avait créées dans le monde de la physique, mais regrettait qu'il y eût « trop peu de faits et trop peu de physiciens conscients de la nécessité urgente d'une réforme ». Pour Planck, il fallait d'abord revoir ces prémisses considérés comme « intouchables ».

s'ils ne correspondent pas à la théorie ».

En l'espace de trois ans, Planck avait trouvé la solution au problème : il découvrit le quantum d'action h , qui fait partie de l'équation $E=h\nu$, où E représente l'énergie d'une fréquence spécifique, ν . Le facteur h (constante d'action planckien) signifie que l'énergie n'est pas libérée n'importe comment, mais par quantum, c'est-à-dire qu'elle se manifeste en petits « paquets » discrets. Cette quantification de l'énergie allait à l'encontre de la notion bien établie de la distribution continue d'énergie. Planck avait mis en évidence une contradiction entre la théorie généralement acceptée — notamment les équations de Maxwell — et les résultats de ses propres travaux.

En 1907 et 1908, ses collègues de Berlin proposèrent Planck comme candidat pour le prix Nobel mais, à la surprise générale, l'honneur fut accordé au physicien britannique Ernest Rutherford. Dans le fond, on n'était pas prêt à accepter la réalité de l'« énergie atomisée ». La décision de l'académie suédoise s'appuyait sur l'autorité de Hendrik Antoon Lorentz, professeur de physique théorique à l'université de Leyden, qui était considéré, à l'époque, comme l'un des

plus grands physiciens. Il prétendit que la formule de Planck — bien qu'elle fût prouvée par les expériences — manquait de base théorique satisfaisante. Lors du Congrès des mathématiciens à Rome en avril 1908, Lorentz présenta son argumentation sur l'impossibilité de déduire la formule de Planck à partir de la physique classique. Mais, justement, c'est la physique classique que Planck venait de réfuter !

La méthode employée alors contre lui n'a pas changé à ce jour : le scientifique qui découvre qu'un concept donné est erroné est prié de produire aussitôt une nouvelle théorie qui corresponde aux vieux axiomes « établis ». Cela n'est bien sûr pas possible lorsque la découverte en question représente une réfutation de ces mêmes axiomes.

Planck était gêné par les turbulences qu'il avait créées dans le monde de la physique, mais regrettait qu'il y eût « trop peu de faits et trop peu de physiciens conscients de la nécessité urgente d'une réforme ». Pour Planck, il fallait d'abord revoir ces prémisses considérés comme « intouchables ».

Afin d'empêcher une telle évolution, quelques physiciens éminents comme Nernst et Lorentz convain-

quirent l'industriel belge Ernest Solvay « du besoin pressant » de financer une conférence qui devait avoir lieu le 21 novembre 1911 à Bruxelles. Le but était d'arriver à un compromis entre savants : ou bien on trouverait une explication du phénomène de la quantification à l'aide des principes physiques généralement acceptés, ou bien, et de préférence, on laisserait tomber les recherches dans ce domaine. Il importait avant tout de ne pas toucher aux conceptions établies. Ce qui était précisément la tâche que Planck s'était donnée. Il était convaincu que le développement scientifique avait atteint le point où une remise en cause générale était inévitable.

La conférence Solvay réunit donc vingt-et-un physiciens européens de premier plan, qui, selon Hartmann, entendirent Max Planck argumenter que « *la brèche entre la théorie des quanta et la physique ordinaire s'était trop élargie pour être comblée par des idées reçues.* » Comme Planck s'y attendait, la conférence n'était pas en mesure de résoudre les questions soumises à la discussion. Il trouva les sessions intenses et fatigantes, et fut soulagé lorsqu'elles prirent fin.

Planck chercha à faire venir le théoricien Albert Einstein à l'université de Berlin, car il prenait plaisir à étudier les paradoxes de la relativité, de la contraction de l'espace et l'expansion du temps. Il expliqua plus tard que les paradoxes existent seulement à cause des facultés perceptives limitées de l'homme :

« *La capacité des physiciens à transcender des intuitions profondément ancrées, comme l'espace et le temps, fait espérer que l'humanité arrivera à développer une physique véritablement universelle — une physique qui serait aussi acceptable pour les habitants de Mars que pour nous.* »

Recherche et enseignement

Les travaux de Planck à l'université Friedrich Wilhelm de Berlin et à l'Académie prussienne des Sciences, qui comptaient à l'époque parmi les

plus importantes institutions scientifiques du monde, furent plus fructueux. A la mort du professeur de physique expérimentale, August Kundt, Planck s'occupa personnellement de lui trouver un successeur, proposant à ce poste Emil Warburg, qui partageait dans une large mesure ses idées. La physique expérimentale, étant donné ses applications pratiques au niveau technique, attirait de plus en plus d'étudiants. Planck travaillait beaucoup aussi avec la Société physique allemande qui publiait les prestigieuses *Annalen der Physik*.

Dans la tradition de Leibniz, Planck maintenait que le principe de causalité doit sous-tendre tous les phénomènes naturels. Par conséquent, il se sentit obligé de protéger ses étudiants contre des charlatans comme Ernst Mach et Wilhelm Ostwald, les principaux positivistes de l'époque. Il s'opposa résolument à la proposition d'ajouter la théorie mécaniste de Mach au programme d'études des futurs professeurs de physique.

Mach, par contre, estimait que sa théorie restait fondée, refusant de prendre au sérieux les objections de Planck. Il alla même jusqu'à contester les compétences de Planck pour participer aux travaux sur l'épistémologie de la physique. Planck se défendit dans nombre de discours et de conférences. Avec ironie, il terminait souvent ses présentations sur ces paroles du Nouveau Testament : « *C'est par leurs fruits que vous les reconnaîtrez.* »

En 1912, Planck, avec William Waldeyer, fut nommé secrétaire perpétuel du département mathématique-physique de l'Académie prussienne. Il détenait ainsi l'un des postes les plus influents du monde scientifique allemand. Les secrétaires perpétuels (quatre en tout) assuraient tour à tour pour une période de trois mois la présidence de l'Académie. A ce titre, ils convoquaient des assemblées, supervisaient les projets en cours, décidaient du budget et assuraient de la publication des comptes-rendus de sessions.

En outre, l'année suivante, Planck fut élu recteur de l'université de Ber-

lin. Son premier acte officiel fut de créer une deuxième chaire de physique théorique et d'offrir à Albert Einstein un poste de professeur honoraire. Il nomma également deux professeurs américains comme invités spéciaux, afin d'insuffler à Berlin la vitalité et l'optimisme qu'il avait connus aux États-Unis lors d'une visite outre-Atlantique. Il disait :

« *En Allemagne, nous avons un manque de confiance dans l'avenir et de détermination à atteindre nos objectifs. Il règne partout une maladie générale de disproportionnalité entre vouloir et pouvoir.* »

Sanctions contre la science

En 1919, les puissances victorieuses de la Première Guerre mondiale créèrent le Conseil international de recherche pour remplacer l'Association des académies dominée auparavant par l'Académie prussienne des Sciences. Les statuts du Conseil de recherche interdisaient explicitement aux citoyens des puissances vaincues de participer à l'administration du Conseil, ainsi qu'aux séances et aux projets organisés par des associations membres.

Comme bon nombre de ses collègues scientifiques, Planck pensait que l'Allemagne s'était fait entraîner dans la guerre par les puissances de l'Entente cordiale. En 1914, il avait signé la « Proclamation des 93 », document diffusé parmi les universitaires qui rejetait l'idée que l'Allemagne était responsable de l'éclatement de la guerre. Le document fut publié le 4 octobre 1914 dans des journaux allemands et traduit en dix langues. Peu après, il parut à nouveau avec les signatures de plus de 3000 savants.

De nombreux scientifiques pensaient que l'une des causes de la guerre était la peur suscitée par les capacités scientifiques et industrielles de l'Allemagne, qu'on voulait saboter. En effet, le 28 août 1914, à peine quatre semaines après l'éclatement des hostilités, les autorités britanniques autorisèrent les compagnies outre-Man-

che à s'approprier des brevets allemands, si leur exploitation était considérée nécessaire ou désirable.

Cette décision provoqua l'un des proches collaborateurs de Planck, Wilhelm Wien, à déclarer que les « relations pacifiques entre les peuples [allemand et britannique] » avaient été irrémédiablement rompues. Il adressa un appel aux physiciens allemands, leur demandant de ne plus communiquer aux journaux professionnels britanniques, si ce n'était pour répondre à des attaques personnelles contre des savants allemands. Il affirma que « les physiciens britanniques s'approprient les inventions allemandes, confondent vérité et mensonges et argumentent en toute mauvaise foi ». Pour Wien, les pires ennemis de l'Allemagne se trouvaient en Angleterre et Planck fit remarquer qu'il « partageait souvent le même sentiment ».

De l'étranger, la révocation de la Proclamation des 93 était réclamée avec insistance et on alla même jusqu'à menacer de suspendre les relations scientifiques internationales tant que les signataires n'y auraient pas renoncé. A la fin de la guerre, après quelques délibérations sur le sujet, des physiciens comme Haber, Nernst, Planck et Waldeyer conclurent que, vu les conditions draconiennes imposées à l'Allemagne par le traité de paix, il n'était guère nécessaire de faire d'autres concessions. Planck écrivit :

« Au point où en sont les choses, je crois qu'il serait totalement improductif, que ce soit pour la moralité personnelle ou du point de vue pratique, de retirer la Proclamation des 93 (...) »

Hendrik Antoon Lorentz pressa Planck de renier la proclamation, au nom de la paix dans le monde, et prépara même un texte que Planck devait signer. En fin de compte, celui-ci accepta une version modifiée du texte, dans laquelle il reconnaissait que la formulation du manifeste avait créé une impression contraire à l'intention des signataires. Plus tard, Planck allait accuser les puissances victorieuses d'avoir « engagé de façon contre nature et sans justification matérielle la science dans la politique ».

Les sanctions imposées par le Conseil international de recherches eurent pour effet d'exclure les scientifiques allemands et autrichiens des trois quarts des congrès scientifiques internationaux. Ce fut seulement après la signature du traité de Locarno en 1925 et l'adhésion de l'Allemagne à la Ligue des Nations que les sanctions furent allégées.

Pour les générations futures

Le sort fut dur pour Max Planck dans la deuxième décennie de ce siècle. En l'espace de quelques années, il perdit son fils cadet dans la guerre et ses deux filles jumelles des suites de l'accouchement. Malgré ces coups du sort, il était toujours conscient de sa responsabilité vis-à-vis des autres, notamment des générations futures. On peut dire que, sans lui, ses élèves Otto Hahn, Lise Meitner et Fritz Strassmann n'auraient jamais réalisé leurs grandes percées dans la fission nucléaire.

Enfin, en 1919, Max Planck reçut le prix Nobel de physique après que les plus grands physiciens du continent — Einstein, Born, Wien et Sommerfeld — eussent envoyé un rapport au Comité suédois dans lequel ils affirmaient que la physique était devenue la physique des quanta.

A la fin de la Première Guerre mondiale, Max Planck, alors âgé de 60 ans, était directeur de l'Académie prussienne des Sciences et se dépensa sans compter pour rebâtir les institutions scientifiques. Avec l'ancien ministre prussien de la Culture, Friedrich Schmidt-Ott, des membres de l'Académie comme Haber, Planck et von Harnack mirent en place un « Comité d'urgence scientifique », réunissant des scientifiques de toutes les branches et de tous horizons politiques, chargé de trouver les fonds nécessaires pour la continuation des recherches.

Après avoir formellement pris sa retraite en 1926, à l'âge de 68 ans, Planck poursuivit son travail de rédacteur des *Annales de la physique* et

co-fonda le Musée allemand de la Science et de la Technologie à Munich.

En 1927, eut lieu la plus célèbre conférence de Solvay, comme nous l'avons vu. Niels Bohr et d'autres scientifiques de l'école de Copenhague refusèrent de considérer toutes les implications de la théorie des quanta et choisirent l'épreuve de force. Parmi les participants allemands, il n'y avait que Planck, Heisenberg et Born. Après la conférence, il ne restait plus qu'un petit groupe autour de Planck en Allemagne qui s'efforçait de trouver une solution au paradoxe.

A l'Académie prussienne des sciences, Erwin Schrödinger succéda à Max Planck. Sa nomination était bien reçue par les physiciens de Berlin qui étaient tous opposés à la théorie de la probabilité. Il écrivit à Planck :

« Je pense que nous sommes dans l'obligation de reprendre à nouveau le même combat, à partir des perspectives qui se sont récemment dégagées. »

Malheureusement, les événements au cours des années suivantes allaient mettre fin à son optimisme.

La science déperdit

La crise économique dans l'Allemagne de Weimar allait progressivement réduire les fonds disponibles pour le Comité d'urgence. En même temps, l'extrémisme et l'antisémitisme se propageaient parmi les administrateurs d'institutions scientifiques. On réserva les postes aux savants « aryens », même lorsque les postulants juifs étaient mieux qualifiés. La population, elle, devenait de plus en plus hostile à la science et la technologie, accusant toutes deux d'être responsables de la prétendue surproduction et du chômage.

Il ne manqua pas de charlatans pour exploiter le désarroi dans la communauté scientifique. Comme Planck l'avait anticipé, il y avait même des théologiens qui s'appuyaient sur le principe d'incertitude de Heisenberg



Le régime nazi n'abandonna pas ses efforts pour briser la personne de Planck ni pour diminuer sa force. Si les nazis n'osèrent pas l'attaquer directement, ils prirent leur revanche tout à la fin de la guerre en lui enlevant ce qui lui restait de plus cher au monde : son fils. A la fin de 1944, Erwin Planck et son ami d'enfance, Ernest von Harnack, furent condamnés pour complicité dans le putsch et condamnés à mort. Les nazis exécutèrent Erwin Planck le 23 février 1945.

comme « preuve » de l'indéterminisme. Au début des années 1930, par exemple, Pascual Jordan tenta de justifier la théorie du « vitalisme » et de démontrer l'existence de perceptions extra-sensorielles à l'aide d'un principe de non causalité qu'il attribua à la physique des quanta. Jordan fit aussi appel à la physique pour soutenir les théories psychanalytiques de Freud, tout comme le physicien Wolfgang Pauli le fit pour la théorie de Carl Jung. Jordan rejoignit plus tard le parti nazi.

Dans le but de contrer ces fausses conceptions de la physique, Planck entreprit une tournée de l'Allemagne pour faire des conférences publiques. Si les physiciens ne résolvaient pas le problème de la causalité, disait-il, les « conséquences seraient fatales. »

Mais les conséquences les plus lourdes pour le monde scientifique devaient se manifester après la montée au pouvoir des nazis. D'éminents savants comme Erwin Schrödinger furent obligés de quitter le pays et d'autres partirent en signe de protestation. Max Planck envisagea tout d'abord de démissionner, mais son sens du devoir envers ses étudiants et ses collègues le lui interdirent.

Lorsque Heisenberg voulut quitter l'Allemagne à cause des attaques constantes contre la prétendue physique

« juive » des quanta, Planck lui dit que ce geste ne servirait à rien et qu'il rendrait un service plus utile à la science s'il restait là pour guider les jeunes étudiants à qui il incomberait de faire revivre la science. Heisenberg resta.

Après la prise du pouvoir par Hitler en 1933, il était du devoir de Planck, en tant que président de la Société Kaiser-Wilhelm, de lui rendre visite. Il voulut intervenir en faveur d'amis juifs et convaincre le Führer que l'émigration des juifs signifierait la ruine de la science allemande. Bouleversé par le fanatisme des nazis, il affirma qu'il était impossible de discuter avec Hitler :

« Je répondis que c'était se mutiler soi-même que d'obliger de grands hommes juifs à émigrer ; car nous avons besoin de leur travail scientifique et ils étaient devenus des personnalités de premier ordre à l'étranger. Il ne s'engagea pas, se perdit en généralités, et finit par conclure : "On dit que je souffre occasionnellement de neurasthénie. C'est de la médisance. J'ai des nerfs d'acier." Sur ce, il se frappa violemment le genou, se mit à parler de plus en plus vite et entra dans une telle fureur qu'il ne me resta rien d'autre à faire que de me taire et partir. »

Après le départ de nombreux scientifiques juifs, le jardin de la science

en Allemagne commença à se transformer en un désert. Planck et Heisenberg encouragèrent leurs collègues à rester en Allemagne pour travailler, mais la liberté de dire la vérité était de plus en plus bafouée.

La Société Kaiser-Wilhelm était accusée d'avoir poursuivi exclusivement la « physique juive », autour d'Einstein et de sa théorie de la relativité. Le journal nazi *Völkischer Beobachter* déplora l'influence « perverse » de Planck sur la science allemande, tandis que *Physikalische Zeitschrift*, un bulletin d'information de physique, affirmait que la formule de Planck était devenue célèbre uniquement à la suite des « intrigues » d'Einstein et de sa clique. Sa formule était qualifiée de simple « accessoire » mathématique élémentaire par rapport à la découverte fondamentale originale.

Peu avant la fin du mandat de Planck à la Société Kaiser-Wilhelm, l'Institut Kaiser Wilhelm de la physique fut fondé en mai 1938. Planck souligna :

« Le développement futur de la science physique en Allemagne dépendra en grande partie de notre réussite à enfin créer un institut de physique moderne de premier rang, ce qui nous manque cruellement en Allemagne. »

Au cours de la même année, on fêta le 80^{ème} anniversaire de Planck avec une grande célébration, au cours de laquelle Louis de Broglie reçut le prix Max Planck. Celui-ci commenta à cette occasion : « Qu'un destin heureux fasse en sorte que la France et l'Allemagne se réunissent, avant qu'il ne soit trop tard pour l'Europe. »

Vers la fin de sa vie, Planck rejoignit à sa façon la résistance contre Hitler. Fidèle croyant, il était actif dans sa paroisse de Grunewald, dans la banlieue de Berlin, depuis 1920. Dans ses discours, il répétait inlassablement que la science amène à croire en quelque chose au-delà de la science.

« Une conception plus profonde de la science pourrait-elle étayer une vision du monde utile pour la vie ? La réponse la

plus sûre à cette question est fournie en regardant les hommes de l'histoire qui ont fait leur cette conception et pour qui elle a effectivement rendu ce service. Parmi les nombreux savants que la science aida à supporter et à embellir une difficile vie ici-bas, nous pensons tout d'abord (...) à Johannes Kepler. Vu de l'extérieur, il vivait dans des conditions misérables, avec de cruelles déceptions, le manque de nourriture, de constantes pressions économiques. Ce qui lui permit de tenir et de pouvoir travailler, ce fut la science. Non pas les données numériques de ses observations astronomiques en tant que telles, mais sa foi dans l'existence de lois rationnelles de l'univers. On peut voir clairement ce trait en comparant [Kepler] à son maître et supérieur Tycho Brahe. Celui-ci possédait les mêmes connaissances scientifiques, le même matériel d'observation, mais il lui manquait la foi dans les grandes lois éternelles. C'est pourquoi Tycho Brahe resta un chercheur méritant parmi tant d'autres, tandis que Kepler fut le créateur de la nouvelle astronomie. »

Dans ses conférences et ses écrits, Planck citait souvent Leibniz et sa *Théodicée*, insistant que le principe de la moindre action était le plus exhaustif de tous les principes scientifiques et celui qui donnait la preuve d'un ordre mondial raisonnable :

« C'est la bataille sans fin et sans recul contre le scepticisme et le dogmatisme, contre l'absence de foi et la superstition qui est lancée conjointement par la science et la religion. Le maître mot de cette bataille a toujours été et sera toujours à l'avenir : "en avant vers Dieu". »

Dans les années suivantes, il devint presque criminel de mentionner les noms de grands scientifiques juifs comme Einstein ou de parler de la théorie de la relativité. Dans ces conditions, le discours prononcé par Planck devant des cadres du parti nazi en 1943 ou 1944 est exceptionnel. Le journaliste suédois Gunnar Pihl, qui était présent sur place, le raconte ainsi :

« Planck présenta sa vue de l'existence : avec calme, modestie, sagesse. (...) Il dit que le juif Einstein était une personnalité de premier plan et pionnière dans

notre monde des idées. Sa façon de penser allait bien au-delà des préjugés primitifs et du fanatisme, sans le moindre égard pour l'endroit où il se trouvait. De sa douce voix (...), il évoquait sa vision du caractère sacré de la vie humaine et d'un monde de justice. (...) Le petit homme en costume noir (...) était trop grand pour se laisser impressionner par les tentatives des nazis de changer l'univers. (...) C'était comme si on assistait à une célébration solennelle ou si on écoutait un sermon. Un puissant contraste avec l'esprit qui dominait l'endroit. »

Le régime nazi n'abandonna pas ses efforts pour briser la personne de Planck ni pour diminuer sa force, qui avait consolé et inspiré tant d'élèves dans ces années difficiles. Si les nazis n'osèrent pas l'attaquer directement, ils prirent leur revanche tout à la fin de la guerre en lui enlevant ce qui lui restait de plus cher au monde : son fils. Père et fils étaient très intimes, ils participaient tous deux à l'Association des mercredis scientifiques, lieu de rencontre des résistants qui montèrent le putsch du 20 juillet contre Hitler. A la fin de 1944, Erwin Planck et son ami d'enfance, Ernest von Harnack — le fils du fondateur de la Société Kaiser Wilhelm — furent condamnés pour complicité dans le putsch et condamnés à mort. Les nazis exécutèrent Erwin Planck le 23 février 1945. Le chagrin faillit tuer son père, âgé alors de 87 ans.

Pourtant, Planck ne renonça pas à ses nombreuses activités dans les universités. A la dernière conférence qu'il donna, il s'y rendit en plein hiver dans un train non chauffé, alors qu'il était souffrant. Quand on lui demanda pourquoi il s'infligeait une telle peine, il répondit :

« Avec mes 89 ans, je ne peux plus être productif dans la science ; il ne me reste plus que la possibilité de suivre les progrès que mes travaux ont aidé à lancer et, en redonnant de temps à autre mes conférences, de répondre aux vœux des hommes à la recherche de la vérité et de la connaissance, surtout des jeunes. »

Max Planck mourut le 4 octobre 1947. Sa vie témoigne de l'importance d'étudier nos précurseurs, de transmettre leurs connaissances aux géné-

rations futures et de créer nous-mêmes de nouvelles idées. Ce faisant, Planck resta fidèle à ce précepte de Leibniz : « Fais attention à ce que tu fais, dis pourquoi tu le fais, car le temps vole ». ■

Références

1. John L. Heilbron, *Max Planck — Ein Leben für die Wissenschaft 1858-1947*, Office for History of Science and Technology, University of Berkeley, Hirzel-Verlag, Stuttgart, 1988.
2. Hans Hartmann, *Max Planck als Mensch und Denker*, Ott-Verlag, Basel, 1953.
3. Max Planck, *Wissenschaftliche Selbstbiographie*.
4. Max Planck, *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Wissenschaft und Hypothese, Tome VI, Teubner-Verlag, 1913.
5. Max Planck, « Das Prinzip der kleinsten Wirkung », in *Die Kultur der Gegenwart*, Partie 3.3, Tome 1, Teubner-Verlag, 1914.
6. Max Planck, *Der Kausalbegriff in der Physik*, Barth-Verlag, Leipzig, 1932.
7. Max Planck, *Die Physik im Kampfe um die Weltanschauung*, conférence donnée le 3 mars 1935 à Berlin.
8. Max Planck, *Das Wesen der Willensfreiheit*, Barth-Verlag, Leipzig, 1936.
9. Max Planck, *Religion und Naturwissenschaft*, Conférence donnée en mai 1937.
10. Max Planck, « Mein Besuch bei Adolf Hitler », in *Physikalische Blätter*, No. 3, 1947.
11. Max Planck, *Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft*, conférence donnée en novembre 1941, à la Société Kaiser-Wilhelm de Berlin.
12. *Max Planck in seinen Akademieansprachen*, mémorial de l'Académie allemande des sciences à Berlin, Akademie-Verlag, Berlin, 1948.
13. Max Planck, « Gottfried Wilhelm Leibniz zur 300. Wiederkehr seines Geburtstages », in : *Zeitschrift fuer Naturforschung*, No 1, 1946.
14. Gottfried Wilhelm Leibniz, *Hauptschriften zur Grundlegung der Philosophie*, Tome 1.
15. Lyndon LaRouche, Ralf Schauerhammer, « Die Bedeutung Georg Cantors fuer die Wissenschaft der Oekonomie », *Fusion*, Nr. 2, 1985.