

■ POUR LA SCIENCE

VOTRE ABONNEMENT 100 % NUMÉRIQUE

1 an au prix de 48 €

soit **4 € seulement par numéro** au lieu de ~~5,20 €~~

Pour consulter et télécharger
en toute liberté sur www.pourlascience.fr
les 12 prochains numéros
dès leur parution.



Oui, je m'abonne
à *Pour la Science* 100% numérique
1 an (12 numéros) pour 48 €

Je préfère découvrir toutes
les offres d'abonnement disponibles
en cliquant ici.



Max Planck Gesellschaft

La constante de Planck

GIULIO PERUZZI

Il y a un siècle, Max Planck formulait l'hypothèse des quanta de lumière pour expliquer le rayonnement du corps noir et y introduisait la constante. C'est aujourd'hui l'une des quantités les plus utilisées dans les lois physiques.

Dans l'après-midi du 7 octobre 1900, les Planck vont prendre le thé chez les Rubens. Max Planck et son collègue, Heinrich Rubens, faussent bientôt compagnie à leur femme pour discuter des dernières mesures de Rubens concernant le rayonnement du corps noir (un corps noir absorbe parfaitement tous les rayonnements électromagnétiques), l'un des problèmes les plus épineux de l'époque. Le même soir, Planck trouve empiriquement la loi qui décrit le comportement du corps noir, observé par Rubens. Deux semaines plus tard,

Planck et Rubens présentent leurs travaux à l'Université de Berlin. Puis, le 14 décembre, à la Société allemande de physique, Planck expose l'hypothèse qui l'a conduit à cette loi : la quantification de l'énergie. Il explique que le rayonnement émis par un corps noir se comporte comme s'il était constitué de «paquets» d'énergie dont la valeur serait $\epsilon = h\nu$, où ν est la fréquence du rayonnement et h la constante connue aujourd'hui sous le nom de constante de Planck. Il l'avait alors estimée à $6,55 \times 10^{-34}$ Joule.seconde (sa valeur actuelle est de $6,63 \times 10^{-34}$ Joule.seconde).

Planck résout ainsi le problème du corps noir, posé par le physicien Gustav Kirchhoff en 1859. Kirchhoff avait étudié le comportement des corps en équilibre thermique avec le rayonnement qui les entoure. Le rayonnement thermique est l'énergie électromagnétique émise par tous les objets, à cause de l'oscillation continue et désordonnée des atomes qui les constituent. L'aptitude d'un corps à émettre et à absorber l'énergie électromagnétique est caractérisée par son pouvoir d'émission et par son coefficient d'absorption. Le premier est l'énergie émise par unité de surface, par unité



Niels Bohr Institute

1. Les participants au congrès Sovay de 1927. Les partisans de la théorie électromagnétique et de la théorie atomique de la mécanique quantique s'y sont affrontés. Max Planck est le deuxième en partant de la gauche, au dernier rang.

de temps et par unité d'intervalle de fréquence voisine d'une fréquence ν donnée ; le second est la fraction de l'énergie incidente absorbée par le corps étudié dans cet intervalle de fréquence. Tous deux dépendent de la fréquence ν et de la température du corps, mais aussi de sa nature, en particulier de sa surface. La loi de Kirchhoff stipule que, dans le cas d'un corps en équilibre thermique avec le rayonnement qui l'entoure, le rapport entre son pouvoir d'émission et son coefficient d'absorption est une fonction universelle (la fonction de distribution), qui reste la même quel que soit le corps : elle ne dépend que de la fréquence ν et de la température du corps. Kirchhoff lance alors un défi intellectuel à la communauté scientifique : trouver l'expression de cette fonction de distribution. De nombreux physiciens s'y intéressent, mais sans résultat, à cause des difficultés techniques que posaient les expériences.

L'HYPOTHÈSE DES QUANTA

En octobre 1900, Planck propose une expression de la fonction de distribution de Kirchhoff, fondée sur les derniers résultats expérimentaux de Rubens. Cette loi de rayonnement de Planck, bien qu'elle n'explique rien, va révolutionner la physique. Le physicien se met alors à chercher une théorie pour justifier l'équation qu'il a conçue. Il reprend les résultats de Kirchhoff. Celui-ci avait introduit la notion de « corps noir idéal », un corps parfaitement absorbant, dont le coefficient d'absorption serait égal à 1, et le pouvoir d'émission à la fonction de distribution. Il avait montré que cette fonction est la même pour un corps noir et pour une telle cavité isolée à la même température : le rayonnement émis par un corps noir est donc identique à celui qui se trouverait en équilibre dans une telle cavité. Planck suppose que ce dernier interagit avec des oscillateurs microscopiques (dont il n'explique pas la nature), qui vibrent sur la surface des parois, absorbant et réémettant de l'énergie indépendamment du matériau : on sait aujourd'hui que les atomes des parois se comportent ainsi, mais, à cette époque, Planck ne croit pas à leur existence.

Malgré de multiples tentatives, il n'arrive pas à ses fins. Son échec le conduit finalement, selon ses propres termes, à « un acte de désespoir » : il utilise la statistique de Boltzmann, son adversaire intellectuel, atomiste convaincu. En 1877, Ludwig Boltzmann avait relié l'entropie d'un système physique (liée à son

désordre) dans un état donné avec la probabilité qu'il soit réellement dans cet état, au moyen de la constante qui porte son nom. Pour calculer cette probabilité, il avait eu recours à une méthode de calcul fondée sur l'hypothèse selon laquelle l'énergie n'est pas continue (on dit qu'elle est discrète). Planck utilise la formulation probabiliste de l'entropie de son rival, ce qui le conduit à l'hypothèse des quanta d'énergie.

À l'époque, Planck ne se rend pas compte des conséquences qu'aura cette hypothèse sur la physique. D'ailleurs, plusieurs années après l'avoir formulée, il continue de la considérer comme une

solution provisoire. L'hypothèse des quanta ne commence à être acceptée qu'à partir de 1905, quand Albert Einstein l'utilise pour expliquer l'effet photoélectrique, ce qui lui vaudra le prix Nobel, en 1922. La communauté scientifique se « convertit » alors à la discontinuité : Einstein se sert à nouveau de l'hypothèse des quanta en 1907 pour élaborer une théorie des chaleurs spécifiques, suivi en 1912 par Peter Debye, Max Born et Theodor von Karman. En 1913, Niels Bohr la reprend pour élaborer son modèle atomique, que lui-même et Arno Sommerfeld améliorent en 1915 et 1916. L'hypothèse des quanta



2. Max Planck était aussi un pianiste émérite.