



Max Planck
1858-1947

En étudiant le corps noir, Max Planck a découvert la quantification des interactions électromagnétiques, qui est un des fondements de la physique quantique.

Max Planck

Max Planck est né le 23 avril 1858 à Kiel dans le duché de Schleswig, où son père Wilhelm est professeur de droit. En 1867, Wilhelm obtient un poste de professeur à Munich et la famille s'y installe. C'est dans cette ville que Max fait ses études secondaires. En 1874, il entame des études de mathématiques et de physique à l'université de Munich. Il obtient son baccalauréat à 17 ans et complète sa formation universitaire trois ans plus tard à Berlin où il a comme professeurs Hermann von Helmholtz (1821-1894) et Gustav Kirchhoff (1824-1887). En 1878, Planck soutient sa thèse de

doctorat qui porte sur le second principe de la thermodynamique¹ et la notion d'entropie².

En 1881, il passe son habilitation³ avec un mémoire sur les états d'équilibre des corps isotropes aux différentes températures et cherche un poste d'enseignant en physique théorique, mais la discipline n'est pas très en vogue à l'époque. En 1885, il obtient un poste de professeur adjoint à l'université de Kiel. Cette même année, au cours d'une promenade durant les vacances estivales à Eldena sur la Baltique, il rencontre un étudiant en



1. Le deuxième principe de la thermodynamique (aussi connu sous le nom de principe de Carnot) établit l'irréversibilité des phénomènes physiques, en particulier lors des échanges thermiques. Énoncé par Sadi Carnot en 1824, il a depuis fait l'objet de nombreuses généralisations et formulations successives, entre autres par Max Planck.
2. L'entropie est une fonction d'état introduite en 1865 par Rudolf Clausius (1822-1888). Il a montré que le rapport Q/T , où Q est la quantité de chaleur échangée par un système à la température T correspond, en thermodynamique classique, à la variation d'une fonction d'état qu'il a appelée entropie, S et dont l'unité est le joule par kelvin (J/K).
3. L'habilitation est la plus haute qualification universitaire dans certains pays européens. Faisant suite à un doctorat, l'habilitation exige du candidat la rédaction d'une deuxième thèse, soutenue devant un jury comme pour le doctorat. Dans certains pays, l'habilitation est indispensable pour enseigner au niveau universitaire. En Allemagne, une personne ayant une habilitation mais n'ayant pas encore de poste d'enseignement ou de recherche est un « privatdozent ».

physique Wilhelm Wien (1864-1928), six ans plus jeune que Planck. Les deux physiciens vont être amis et collaborateurs pendant une quarantaine d'années. À la mort de Kirchhoff en 1887, Planck sur recommandation de Helmholtz devient professeur adjoint à l'université Humboldt de Berlin. En 1892, il devient professeur titulaire à cette même université, poste qu'il occupe jusqu'à sa retraite en 1927.

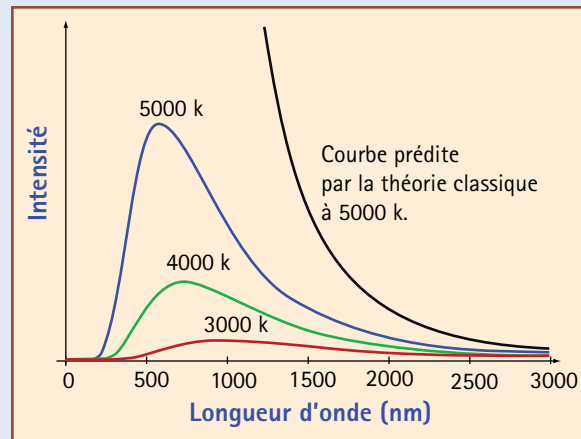
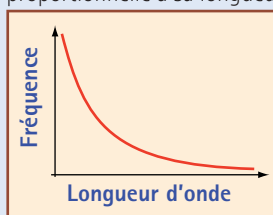
Le corps noir

Introduit en 1862 par le physicien Gustav Kirchhoff, le corps noir est un objet idéal qui absorberait toute l'énergie électromagnétique qu'il recevrait, sans en réfléchir ni en transmettre. Puisque la lumière est un rayonnement électromagnétique, elle devrait être complètement absorbée et l'objet devrait apparaître noir. Cependant, à une température suffisamment élevée, un corps noir peut émettre de la lumière colorée. On pense aux expressions « fer rouge » ou « chauffé à blanc ».

Au début des travaux sur le corps noir, les physiciens ont été confrontés à un paradoxe. Selon le modèle en vigueur, les calculs de l'énergie totale émise par le corps noir donnaient une quantité infinie. Ce paradoxe a été appelé « catastrophe ultraviolette » car l'énergie calculé croissait lors de l'intégration du spectre pour les courtes longueurs d'onde (ou hautes fréquences⁴).

Dans le graphique en haut de la page à droite, la courbe en noir décrit la prédiction de la théorie « classique » du corps noir appelée *loi de Rayleigh-Jeans*. La

4. La relation entre la fréquence ν et la longueur d'onde λ d'une radiation électromagnétique est $\lambda\nu = c$, où c est la vitesse de la lumière. On peut exprimer cette relation sous la forme $\nu = c/\lambda$. La fréquence d'une radiation électromagnétique est donc inversement proportionnelle à sa longueur d'onde.



courbe tend vers l'infini lorsque la longueur d'onde diminue. On remarque que la valeur maximum des autres courbes se déplace vers les courtes longueurs d'onde pour des températures élevées. Cela est décrit par la *loi du déplacement de Wien*,

$$\lambda_{\max} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{T}$$

où λ est en mètres et T en kelvins.

Dans ses travaux sur le corps noir, Planck a remis en question une hypothèse du modèle de Rayleigh-Jeans selon laquelle le spectre de l'émission était continu. C'est le 14 décembre 1900, dans un mémoire intitulé *Sur la théorie de la loi de la distribution d'énergie sur un spectre normal* que Planck présente ses conclusions. Il avait observé que la matière ne peut émettre ni absorber une quantité quelconque d'énergie. Cela l'amena à supposer que l'énergie n'est pas émise de façon continue mais par paquets ou quanta dont la taille E dépend de la longueur d'onde

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

où $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J·s est une constante et ν est la fréquence de la radiation électromagnétique absorbée ou émise. Au début, la théorie rencontra de la résistance, mais les travaux de Niels Bohr (1885-1962) qui calcula les positions des lignes spectrales en se basant sur la théorie des quanta, contribuèrent à la faire accepter.

RADIATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES		
10^4	MA, modulation d'amplitude	Ondes radioélectriques
10^2	MF, modulation de fréquence	
1	Micro-ondes	
10^{-2}	Infrarouges	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> 7×10^{-7} m <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: orange; margin-right: 5px;"></div> Rouge <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; margin-right: 5px;"></div> 6×10^{-7} m <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> Orangé <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: cyan; margin-right: 5px;"></div> 5×10^{-7} m <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 5px;"></div> Vert <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: purple; margin-right: 5px;"></div> 4×10^{-7} m <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: darkblue; margin-right: 5px;"></div> Bleu </div>
10^{-4}	Lumière visible	
7×10^{-7}	Ultraviolets	
4×10^{-7}	Rayons X	
10^{-8}	Rayons gamma	
10^{-10}		
10^{-12}		