

LES ONDES ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

L'astronomie, science du regard, est fondée pour l'essentiel sur la collecte des ondes électromagnétiques rayonnées par les corps célestes.

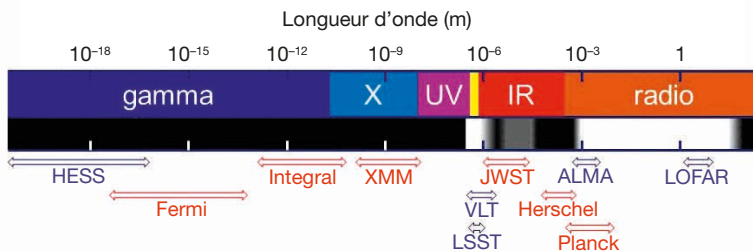
Le spectre électromagnétique

Distribution en fonction de la longueur d'onde des différents domaines spectraux où l'étroite bande jaune représente le domaine visible. Sous le spectre, l'absorption atmosphérique figure en nuances de gris, du noir (forte opacité) au blanc (transparence). Figurent également les bandes spectrales où opèrent certains des moyens d'observation décrits dans le livre, qu'ils soient terrestres (en bleu) ou spatiaux (en rouge).

La nature des rayons lumineux fut des siècles durant la question la plus débattue de la physique, avec l'opposition de deux théories, irréductibles en apparence : la théorie particulaire pour qui la lumière est un flux de projectiles et la théorie ondulatoire pour qui la lumière est l'analogie des rides se propageant à la surface de l'eau. L'aspect ondulatoire semble triompher en 1864 quand les équations de Maxwell prédisent l'existence d'ondes électromagnétiques dont la célérité est égale à la vitesse de la lumière. Toutefois, l'aspect particulaire est réintroduit en 1905 par Einstein pour interpréter l'effet photoélectrique.

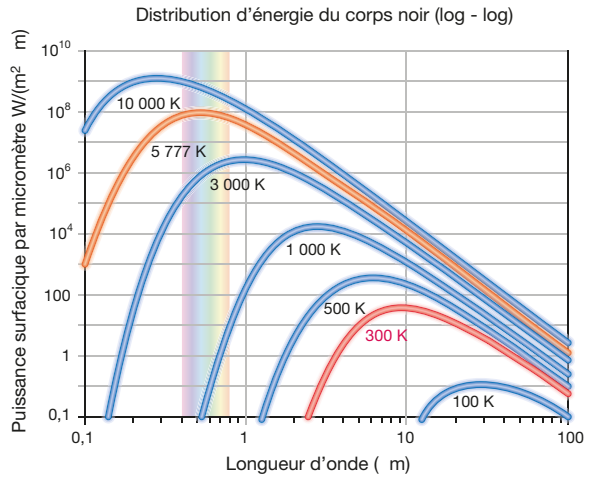
La lumière qui se manifeste tantôt comme une onde, tantôt comme une particule (deux facettes d'une réalité plus complexe) se décrit de deux façons :

- Par la physique « classique », comme une modification du champ électromagnétique se propageant en l'absence de support matériel. Cette onde électromagnétique de période T se caractérise par sa fréquence ν (avec $T = 1/\nu$) et par sa longueur d'onde $\lambda = cT$, où c est la célérité de la lumière dans le vide ($c = 299\,792\,458$ m/s).
- Par la mécanique quantique, qui associe à une onde électromagnétique de fréquence ν un corpuscule de masse nulle, le photon, d'énergie $E = h\nu$, où h est la constante de Planck ($h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s). Cette énergie s'exprime le plus souvent en électronvolts (eV), avec $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}$ J.



Le spectre électromagnétique (l'ensemble des ondes électromagnétiques classées par longueurs d'onde) se répartit, pour des raisons tant historiques que physiques, en plusieurs domaines spectraux aux limites des plus arbitraires, hormis celles du domaine visible, dont les bornes tiennent à la physiologie humaine. Comme l'atmosphère terrestre bloque les ondes électromagnétiques dans la plupart des domaines de longueurs d'onde (hormis dans le visible et dans certaines bandes de l'infrarouge et du domaine radio), il a fallu attendre la conquête spatiale pour que les moyens d'observation sur Terre et dans l'espace scrutent le cosmos sur toute la gamme des rayonnements.

La plupart des corps célestes émettent des ondes électromagnétiques dont la longueur d'onde dépend de leur température. Le cas le plus simple est celui d'un corps parfaitement absorbant, un « corps noir » dont la loi du rayonnement est représentée ci-dessus. Le Soleil, les étoiles, les planètes et leurs satellites se comportent en gros comme des corps noirs. D'autres mécanismes émissifs sont à l'œuvre dans l'Univers, comme les rayonnements du domaine gamma produits par interaction de particules chargées relativistes avec des noyaux atomiques, ou les rayonnements synchrotron produits par interaction d'électrons relativistes avec un champ magnétique et qui dominent les émissions d'ondes radio de la plupart des astres.



Spectres de corps noirs

Distribution de la puissance surfacique rayonnée par unité de longueur d'onde par des corps noirs à différentes températures. Le système de graduation logarithmique utilisé ici sur les deux axes est bien adapté pour rendre accessible une large gamme de valeurs, mais il présente l'inconvénient d'écraser les courbes. En rouge, l'émission d'un corps noir à 300 K (la température de surface d'une planète comme la Terre) ; en orange, l'émission d'un corps noir à 5777 K (la température de surface du Soleil) dont le maximum tombe dans le visible.

Domaine	Longueur d'onde (m)	Fréquence (Hz)	Énergie (eV)
Radio	$> 3 \times 10^{-4}$	$< 10^{12}$	$< 4,1 \times 10^{-3}$
Infrarouge	$7,5 \times 10^{-7}$ à 3×10^{-4}	10^{12} à 4×10^{14}	$4,1 \times 10^{-3}$ à 1,77
Visible	4×10^{-7} à $7,5 \times 10^{-7}$	4×10^{14} à $7,5 \times 10^{14}$	1,77 à 3,1
Ultraviolet	10^{-8} à 4×10^{-7}	$7,5 \times 10^{14}$ à 3×10^{16}	3,1 à 120
X	2×10^{-11} à 10^{-8}	3×10^{16} à $1,5 \times 10^{19}$	120 à 6×10^4
Gamma	$< 2 \times 10^{-11}$	$> 1,5 \times 10^{19}$	$> 6 \times 10^4$