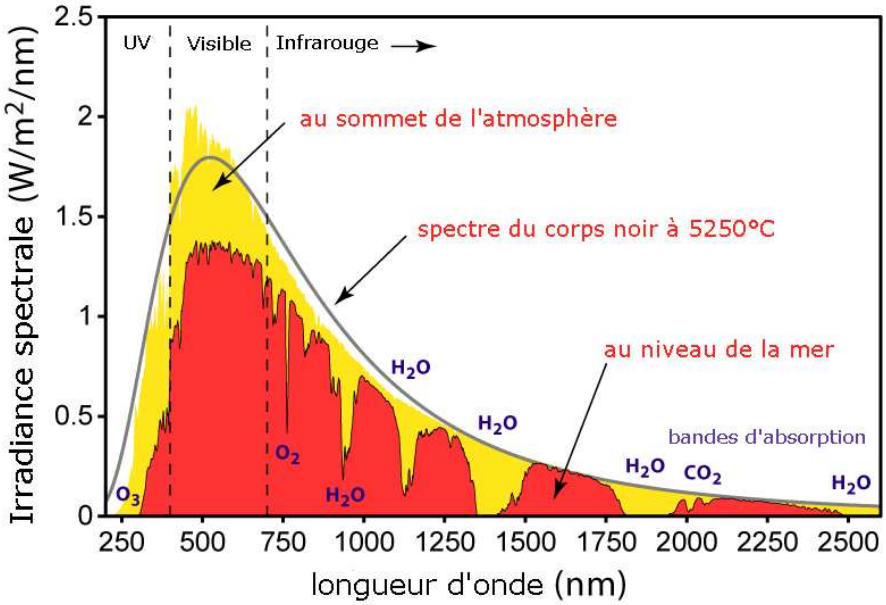
Documents

Document 1 : Spectre du rayonnement solaire



Document 2 : Qu'est-ce qu'un corps noir ?

Un corps noir est un système idéalisé de température définie et absorbant l'intégralité du rayonnement électromagnétique qu'il reçoit (d'où son nom). Cette absorption s'accompagne nécessairement d'une émission appelée rayonnement du corps noir (voir document 3) afin de maintenir le corps à l'équilibre.

En pratique, aucun matériau ne se comporte exactement comme un corps noir sur tout le spectre électromagnétique. Cependant certains systèmes se rapprochent du modèle idéal du corps noir, comme par exemple :

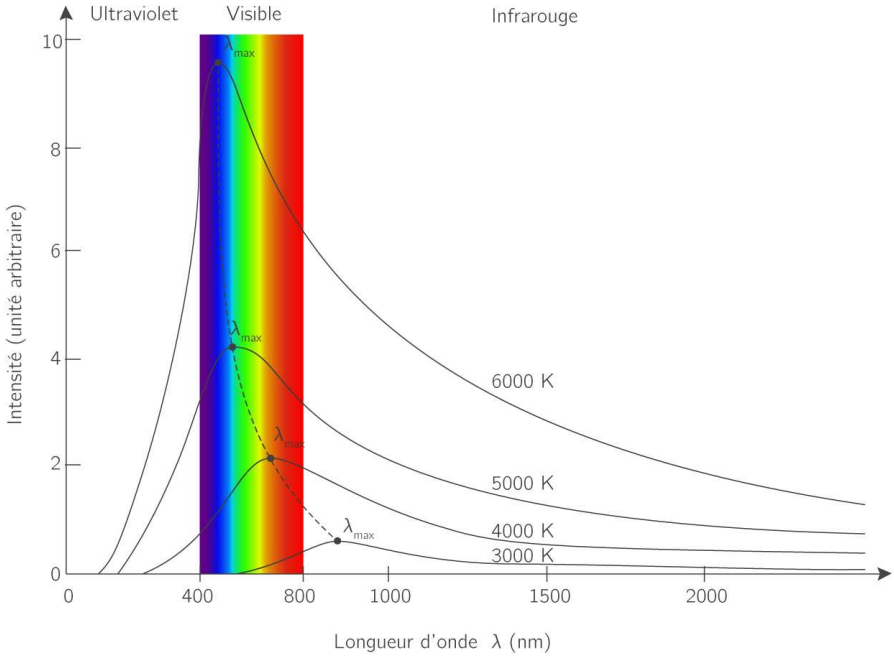
- une plaque recouverte de noir de fumée pour le rayonnement visible (compris entre 400 et 800 nm)
- la brique pour le domaine de l'infrarouge
- les étoiles (leur spectre comporte toutefois des raies).

Document 3 : Propriétés du rayonnement d'un corps noir

À l'aide des outils de la physique quantique et de la physique statistique on peut montrer que le spectre d'émission d'un corps noir est polychromatique, continu et ne dépend que de la température d'équilibre thermique T du corps. Précisément on établit que la puissance électromagnétique émise dans l'intervalle compris entre les longueurs d'onde λ et $\lambda + \mathrm{d}\lambda$ par un élément $\mathrm{d}S$ de corps noir à la température T s'écrit : $\mathrm{d}\Phi = \phi_T(\lambda)\mathrm{d}\lambda\mathrm{d}S$, avec :

$$\phi_T(\lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5}\frac{1}{\mathrm{e}^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$$

où h est la constante de Planck, c la célérité de la lumière dans le vide et k_B la constante de Boltzmann. $\phi_T(\lambda)$ est donc une densité spectrale en longueur d'onde de puissance surfacique ($\mathrm{W.m^{-2}.m^{-1}}$). L'allure de $\phi_T(\lambda)$ pour plusieurs valeurs de T est représentée ci-dessous.



Cette loi fut énoncée pour la première fois par Max Planck en 1900. Pour parvenir à l'établir, il fit l'hypothèse (purement mathématique pour lui) que l'énergie des ondes électromagnétiques devait être comptabilisée dans les calculs par quanta discrets $E = h\nu$. Le succès de l'hypothèse de Planck et son interprétation physique marqua les débuts de la physique quantique.

Historiquement, deux lois ont précédé celle de Planck, qui rendaient partiellement compte du phénomène. Il s'agit de la loi de Wien donnant la longueur d'onde du maximum d'émission λ_m et de la loi de Stefan qui donne la puissance surfacique ϕ_T intégrée sur tout le spectre de longueurs d'onde (voir exercice). Ces lois ne sont pas à connaître et doivent vous être fournies.

Loi de Wien (ou loi du déplacement de Wien, 1893) : la température T d'un corps noir à l'équilibre et la longueur λ_m pour laquelle la densité spectrale émise est maximale sont reliées par :

$$\lambda_m T \approx 2,9.10^{-3} \text{ m.K.}$$

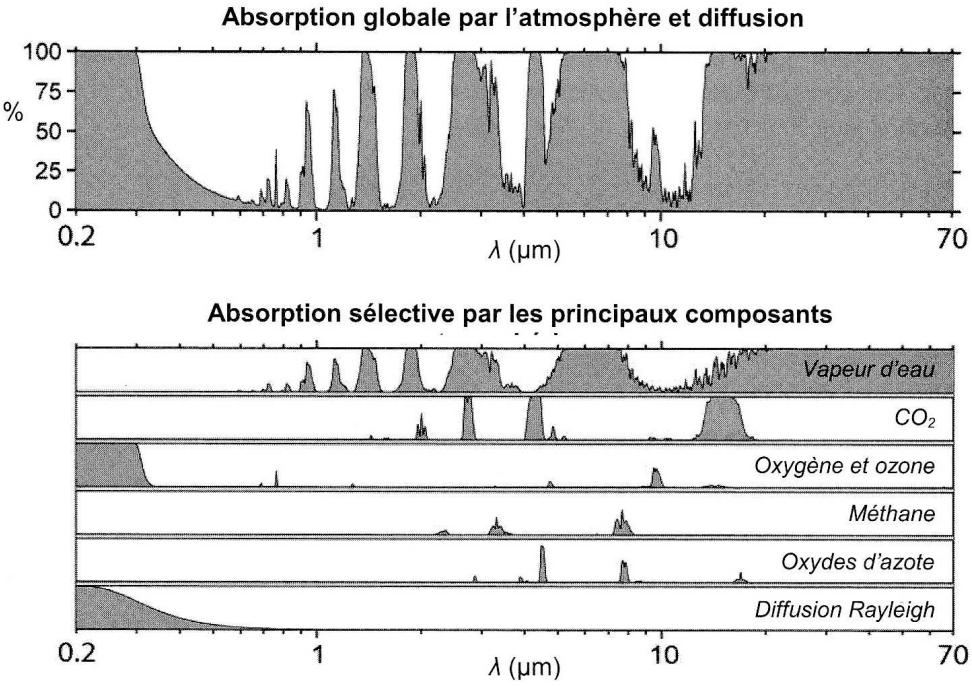
La valeur apparaissant dans le terme de droite est appelée *constante de Wien*.

Loi de Stefan (1879) : la puissance surfacique totale émise par un corps noir à la température T s'écrit :

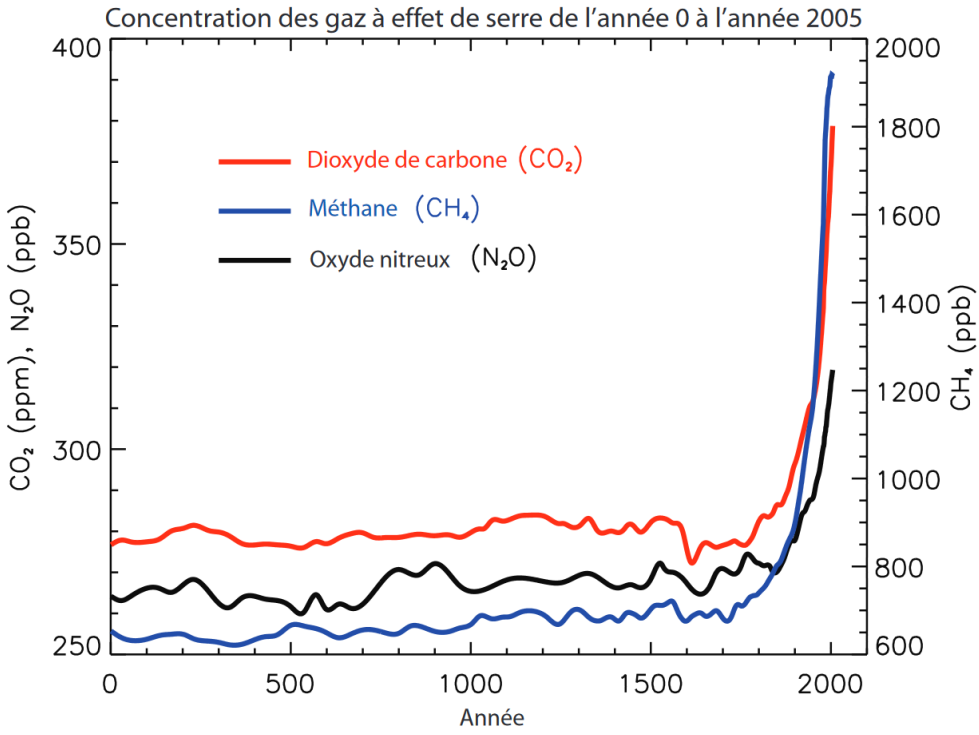
$$\phi = \sigma T^4$$

où $\sigma \approx 5,67.10^{-8}$ W.m^{-2}.K^{-4} est la *constante de Stefan*.

Document 4 : Absorption des ondes électromagnétiques par l'atmosphère



Document 5 : Évolution de la concentration de certains gaz à effet de serre sur 2000 ans



En 2018, la concentration de CO_2 dans l'atmosphère se situe aux environs de 410 ppm.