LE CORPS NOIR[1]

Définition

Un corps noir est un corps idéal totalement absorbant pour toute radiation électromagnétique incidente (le flux réfléchi est nul) : rideau noir, charbon etc…

Exemples

On peut se servir pour étudier le rayonnement d'un corps noir d'une cavité à température constante, munie d'une toute petite ouverture. Les radiations qui entrent dans la cavité ou qui y prennent naissance se réfléchissent sur les parois et s'absorbent plus ou moins à chaque réflexion. L'énergie qui peut ressortir est négligeable.

Un four fermé et isolé thermiquement constitue un corps noir en équilibre, mais une bûche dans une cheminée ou un charbon incandescent aussi. Ils émettent alors de la lumière.

Loi de Wien

Un corps noir dit en équilibre thermique émet autant d'énergie autant qu'il en reçoit.
La loi de Planck[2] donne la répartition suivant la longueur d'onde du flux émis par un corps noir en équilibre thermique à la température absolue T.
Cette courbe présente un maximum pour une longueur d'onde λ_m qui dépend de la température du corps noir. La loi de Wien s'écrit alors :

$$\boxed{\lambda_m \cdot T = 2897.8\,\mu m \cdot K}$$

- Une étoile, le Soleil par exemple, peut être assimilée à un corps noir. A basse résolution spectrale, le spectre du Soleil est celui d'un corps noir de température 5777 K (5504 °C). Et pourtant rien n'est moins noir que le Soleil !
  Par application de la loi de Wien, on trouve $\lambda_m = \dfrac{2897.8}{5777} = 0.5016\,\mu m$ ce qui explique la prédominance du jaune dans le spectre émis par le Soleil.

- On dispose ainsi d'un thermomètre : une étoile bleue est plus chaude qu'une rouge.
  On parle alors de température de couleur à propos des lampes d'éclairage.

- Si le corps humain peut être assimilé à un corps noir de température 37°C, on calcule qu'il émet avec un maximum d'émission à la longueur d'onde : $\lambda_m = \dfrac{2897.8}{310} = 9.3\,\mu m$.
  C'est le domaine de l'infra-rouge. D'où l'existence de caméras infrarouges, de détecteurs de présence à infrarouges etc…

- L'observation spectroscopique du rayonnement du fond cosmologique met en évidence un rayonnement de corps noir, le corps noir cosmologique. Sa température d'équilibre est de l'ordre de 3 K (2.728 K pour être très précis). La loi de Wien associe cette température à un maximum d'émission dans les longueurs d'onde millimétrique.

---

[1] **Annales :** 2001 TH 2, 1997 TH 1, 1992 TH 3. **Syllabus**: 8 f Ondes EM. Corps noir. Loi de Stefan-Boltzmann

[2] Planck connaissait la courbe expérimentale. Pour obtenir une formule qui corresponde aux résultats expérimentaux, il a émis l'hypothèse de quanta d'énergie, devenue ensuite la base de la mécanique quantique.

ATTENTION :

Tout ceci n'a de sens que pour un corps dont le rayonnement est de type corps noir. La mer, même bleue, n'est pas à 8000 K.
De même, le rayonnement émis par une lampe à vapeur spectrale (Mercure, Sodium etc..) obéit à des règles de quantification énergétique fixées par la nature du gaz qui émet le rayonnement. La position des raies d'émission dépend de la nature de l'élément, et pas de la température. Il ne s'agit pas du rayonnement d'un corps noir.
De la même façon, on constate que certaines raies émises par le corps noir Soleil sont absorbées par l'atmosphère solaire ou l'atmosphère terrestre (raies de Fraunhofer).

Loi de Stefan

- La puissance P <u>par unité de surface</u> du rayonnement électromagnétique d'origine thermique émis par un corps noir à l'équilibre thermique augmente avec la température absolue de ce corps selon la loi de Stefan-Boltzmann :

$$\boxed{P = \sigma_B T^4}$$

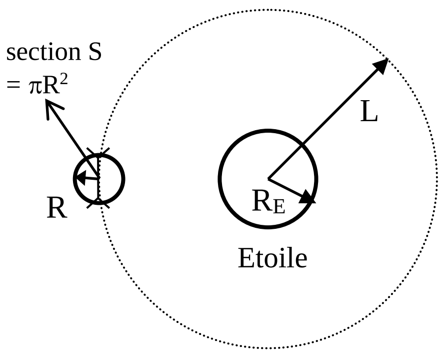
  où σ_B = 5.669 .10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4} est la constante de Stefan-Boltzmann
- Un corps quelconque émet moins qu'un corps noir pour une température donnée T :

$$P = \varepsilon \sigma_B T^4$$

  où ε est un coefficient sans dimension, inférieur à 1, appelé émissivité et dépendant du corps en question

- Calcul de la puissance rayonnée à une distance L par une étoile de température T_E et reçue par un récepteur de surface S (qui reçoit une fraction de la puissance répartie sur la sphère $4\pi L^2$.)

$$P_{\text{émise par E}} = 4\pi R_E^2\, \sigma_B T_E^4 \quad \text{et} \quad P_{\text{reçue sur S}} = \frac{S}{4\pi L^2} P_{\text{émise par E}} = S\, \frac{R_E^2}{L^2} \sigma_B T_E^4$$



- Température T d'un satellite ou d'une planète[3] de rayon R qui joue le rôle du récepteur ($S=\pi R^2$) et en équilibre thermique à la température T.

$$P_{\text{absorbée par S}} = P_{\text{émise par S}} \;\Rightarrow\; \pi R^2\, \frac{R_E^2}{L^2} \sigma_B T_E^4 = 4\pi R^2\, \sigma_B T^4 \;\Rightarrow\; T = T_E \sqrt{\frac{R_E}{2L}}$$

  La température calculée ainsi pour la Terre est inférieure de 33 degrés à la température observée (Tobs = 287K). L'absorption des radiations infrarouges émises par la Terre par les molécules atmosphériques est responsable de cette différence.

---

[3] En première approximation, planète = corps noir. Sinon, tenir compte de son coefficient d'émissivité et du fait qu'une fraction de l'énergie reçue est réfléchie par l'atmosphère de la planète.