

L3, Energetique, 52

Transfert de chaleur 2

Le

Spectre electromagnetique

Chap I Introduction

1.1. Le Rayonnement thermique

Le rayonnement thermique constitue l'un des trois mécanismes par lesquels l'énergie calorifique peut s'échanger entre des corps à températures différentes. Alors que le spectre des radiations électromagnétiques comprend aussi les ondes radio, les micro-ondes, les rayons X, les rayons gamma et certains rayons cosmiques, ici nous étudierons uniquement le R. thermique, c'est-à-dire celui qui résulte de l'émission, par tous les corps au-dessus du zéro absolu, d'ondes électromagnétiques, du fait de leur température, ou si l'on veut de l'agitation moléculaire et atomique associée à leur énergie interne calorifique, et aux dépens de celle-ci (qui est proportionnelle à la température absolue, quand il y a l'équilibre thermodynamique).

Le rayonnement thermique (R.T) est caractérisé par une gamme de λ comprises entre $\approx 0,3 \mu\text{m}$ et $\approx 1000 \mu\text{m}$.

Tout corps joue le rôle de source (il émet, sans interruption, un R.T) et de récepteur (il reçoit, des corps qu'il "voit", même très éloignés, un R.T).

1.2. La nature du RT

Théorie ondulatoire et théorie corpusculaire ($E = h\nu$)

1.2 La nature du RT

Théorie ondulatoire et théorie corpusculaire ($E = h\nu$)

1.3 Le spectre électromagnétique

Dans le cadre de la théorie ondulatoire, le rayonnement électromagnétique obéit aux lois régissant les ondes transversales qui oscillent dans un plan \perp à la direction de la propagation. La vitesse de propagation des ondes, ou célérité est la même que celle de la lumière soit, dans le vide $c_0 = 2,998 \cdot 10^8$ m/s.

La vitesse c dans un milieu matériel est inférieure à c_0 et est souvent donnée en fonction de l'indice de réfraction $n = \frac{c_0}{c}$ où $n > 1$.

pour l'eau ($n \approx 1,5$) et pour le gaz ($n \approx 1$) -

Les ondes sont caractérisées, soit par une seule longueur d'onde λ_0 dans le vide (correspondant à une fréquence ν avec $c_0 = \lambda_0 \nu$), soit par un ensemble continu ou discontinu de longueurs d'onde. Dans le premier cas, on dit que le rayonnement est monochromatique ou spectral, dans le second on dit qu'il est polychromatique.

Il est important de savoir que fondamentalement une radiation est caractérisée par sa fréquence ν laquelle demeure constante au cours de réflexions, diffusions, réfractions, etc...

c'est-à-dire au cours de ses interactions avec la matière ; de même lorsqu'une radiation change de milieu. Par contre la longueur d'onde change dans ce dernier cas à cause de la variation de la vitesse de propagation selon le milieu.

Si λ_0 désigne la longueur d'onde dans le vide et λ_n la longueur d'onde dans un certain milieu

$$n \lambda_n = \lambda_0$$

Exemple

Montrer que le rayonnement solaire naturel transporte une quantité notable d'énergie, surtout aux faibles longueurs d'onde (ultra-violet).

En effet, un rayonnement ultra-violet de longueur d'onde $0,1 \mu\text{m}$ correspond à une fréquence ν de

$$\frac{2,998 \cdot 10^8}{0,1 \cdot 10^{-6}} = 2,998 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

et l'énergie du photon de fréquence ν vaut

$$h\nu = \frac{6,6262 \cdot 10^{-27}}{1,6 \cdot 10^{-12}} \cdot 2,998 \cdot 10^{15} = 12,3 \text{ eV par photon}$$

N.B. $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$

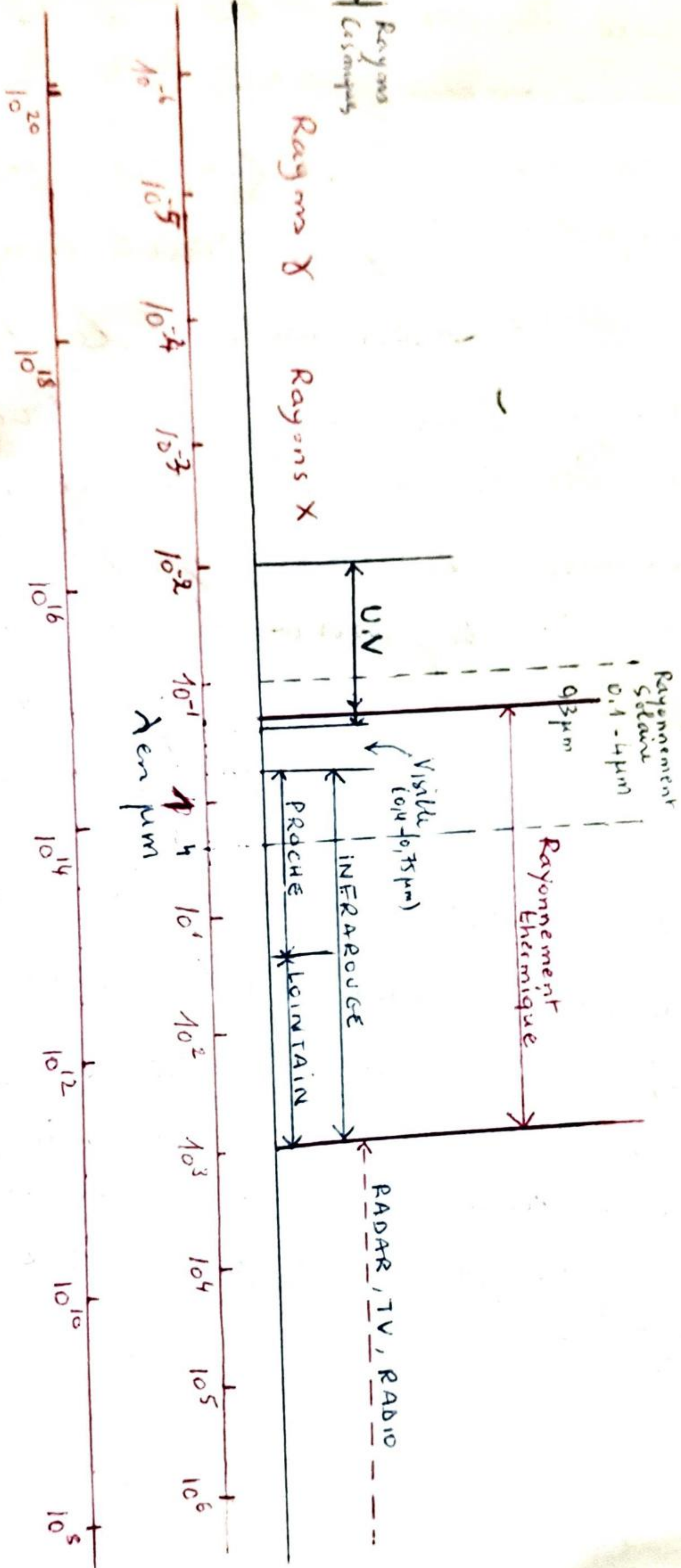
Un rayonnement de $100 \mu\text{m}$ (dans l'infrarouge lointain) émet des photons d'énergie mille fois plus faible.

on peut classer l'énergie radiante selon la longueur d'onde. le rayonnement thermique est compris entre $\approx 0,3 \mu\text{m}$ et $\approx 1000 \mu\text{m}$. Il comprend une petite partie de l'ultra-violet (l'UV complet s'étendant de $0,01$ à $\approx 0,4 \mu\text{m}$), le spectre visible complet de $0,4$ à $\approx 0,75 \mu\text{m}$) mais surtout le domaine de l'infrarouge (de $0,75$ à $\approx 1000 \mu\text{m}$) qui peut se subdiviser lui-même, assez arbitrairement, en infrarouge proche (de $0,75$ à $25 \mu\text{m}$) et infrarouge lointain (de 25 à $\approx 1000 \mu\text{m}$).

Pour fixer les idées, disons que l'émission d'un corps noir à 1500°C se trouve pratiquement comprise entre $0,6$ et $20 \mu\text{m}$ et est donc presque complètement dans l'infrarouge. Quant au rayonnement solaire (avant de traverser l'atmosphère terrestre), il est compris, pour 99%, entre $\approx 0,1$ et $\approx 4 \mu\text{m}$; un peu moins de la moitié de l'énergie émise se trouve dans le spectre visible, le maximum ayant lieu pour $\approx 0,5 \mu\text{m}$ (à correspondance au vert) -

Le Spectre électromagnétique

γ en Hz



Le spectre électromagnétique est la description de l'ensemble des rayonnements électromagnétiques, classés par fréquence, longueur d'onde ou énergie. Le spectre électromagnétique s'étend théoriquement de zéro à l'infini en fréquence (ou en longueur d'onde), de façon continue. Pour des raisons tant historiques que physiques, on le divise en plusieurs grandes classes de rayonnement qui s'étudient par des moyens particuliers à chacune d'entre elles.

La spectroscopie ou spectrométrie est l'étude expérimentale des spectres électromagnétiques par des procédés d'observation et de mesure avec décomposition de radiations en onde monochromatiques.

Grandeurs physiques caractéristiques

Un rayonnement électromagnétique peut se considérer soit comme une onde, soit comme un ensemble de particules.

Si on le considère comme une onde, on peut le décomposer, selon la transformation de Fourier, en une somme d'ondes monochromatiques, dont chacune est entièrement décrite par deux grandeurs physiques :

1. son amplitude
2. sa fréquence ou sa longueur d'onde

Si on le considère comme un ensemble de particules, chacune d'entre elles est entièrement décrite par son énergie.

unités

- La fréquence, notée f ou ν , s'exprime en hertz (Hz) dans le système international d'unités (SI)
- La longueur d'onde dans le vide, notée λ_0 , s'exprime en mètres

Rayonnement et énergie

Les échanges d'énergie portés par le rayonnement électromagnétique qui ont lieu entre le soleil et le système terre-océan-atmosphère ne se font pas de manière continue, mais de façon discrète, sous forme de paquets d'énergie, véhiculés par des corpuscules élémentaires immatériels, les photons. Chaque photon transporte ainsi un quantum d'énergie proportionnel à la fréquence de l'onde électromagnétique considérée; cette énergie est d'autant plus grande que la fréquence est élevée.

La relation suivante exprime la quantité d'énergie associée à un photon en fonction de la fréquence de l'onde.

$$E = h \nu \quad \text{où} \quad E : \text{énergie de l'onde électromagnétique}$$

$$\nu : \text{la fréquence de l'onde}$$

$$h : \text{la constante de Planck } (6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})$$

Ainsi, les rayonnements électromagnétiques sont de courtes longueurs d'onde ou de fréquence élevée véhiculent davantage d'énergie que les rayonnements de grande longueur d'onde (basse fréquence).

Calculez la longueur d'onde (en μm) d'un rayonnement qui possède une fréquence de 500000 GHz.

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{14}} = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ m soit } 0,6 \mu\text{m} \text{ (lumière rouge).}$$

Calculez la fréquence (en MHz) d'un rayonnement qui possède une longueur d'onde de 2,865 m

$$\nu = \frac{3 \cdot 10^8}{2,865} = 104,7 \cdot 10^6 \text{ Hz soit } 104,7 \text{ MHz (Europe 1)}$$

de longueur (en mètres (m) dans le S.I)

- L'énergie des photons, notée W , s'exprime en joules (J) dans le SI, mais aussi, couramment en électron-volt ($1 \text{ eV} = 1,60217653 \times 10^{-19} \text{ J}$).

Relations

Pour une propagation de la lumière dans le vide on passe d'une grandeur à l'autre par les relations

suivantes :

$$\bullet \nu = \frac{1}{T}$$

$$\bullet \lambda_0 = c_0 \cdot T = \frac{c_0}{\nu} \quad \lambda = cT$$

$$\bullet W = h\nu = \frac{h}{T} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Dans les relations

h est la constante de Planck

$$h = 6,62606957 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$h = 4,1343359 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

c est la vitesse de la lumière dans le vide

$$c_0 = 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$$