

CH 4

Notions sur le transfert de chaleur par rayonnement

I. Introduction.

- * Applications diverses : bâtiment, fours, Applications solaires.
- * Tout corps émet du fait de sa température un rayonnement appelé rayonnement thermique.
- * Rayonnement thermique significatif aux hautes températures.
- * On caractérise tout rayonnement par la longueur d'onde $\lambda(\mu m, A^\circ)$ et la fréquence $\nu(Hz)$.

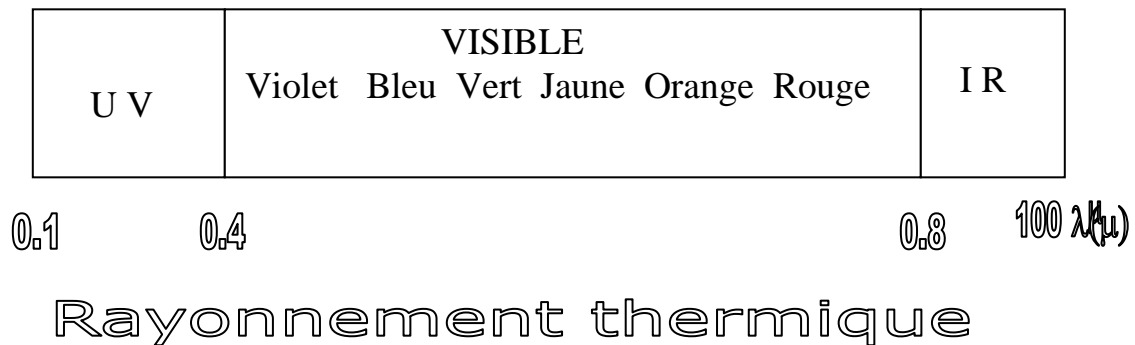
$$\nu = \frac{C}{\lambda}, C = \frac{C_0}{n}$$

- C_0 : vitesse de propagation dans le vide $C_0 = 3.10^5 Km / s$
- n : indice du milieu.

* Transfert par rayonnement de propriétés :

- Transfert à distance.
- Sans support matériel, même dans le vide.
- Propagation instantanée.
- Corps : émetteur et récepteur.

* le domaine des longueurs d'onde du rayonnement thermique est compris entre $0.1 \mu m$ et $100 \mu m$



* Perception du rayonnement thermique sous forme de sensation de chaleur.

* Perception visuel entre $0.4 \mu m$ et $0.8 \mu m$: Visible .

II. Définitions.

* Rayonnement concerne une longueur d'onde λ centrée sur $d\lambda$: rayonnement monochromatique.

* Rayonnement concerne toutes les longueurs d'onde : rayonnement total.

* Flux monochromatique : φ_λ

* Flux total : φ tel que :

$$\varphi = \int \varphi_\lambda \cdot d\lambda \quad , \quad \varphi_\lambda = \frac{d\varphi}{d\lambda}$$

III Source et récepteur.

* Source :

- Corps émettant un rayonnement monochromatique ou total.

- Caractérisée par l'émittance : flux émis par unité de surface.

* Pour une surface S à la température T émettant le flux total $\varphi_{émis}$ cette émittance totale est donnée par :

$$M^T = \varphi_{\text{émis}} / S \quad , \quad \varphi_{\text{émis}} = M^T \cdot S$$

On a aussi une définition similaire pour l'émittance monochromatique.

* Récepteur caractérisé par l'éclairement E qu'il reçoit et défini par le flux reçu par unité de surface :

$$E = \varphi_{\text{reçu}} / S \quad , \quad \varphi_{\text{reçu}} = E \cdot S$$



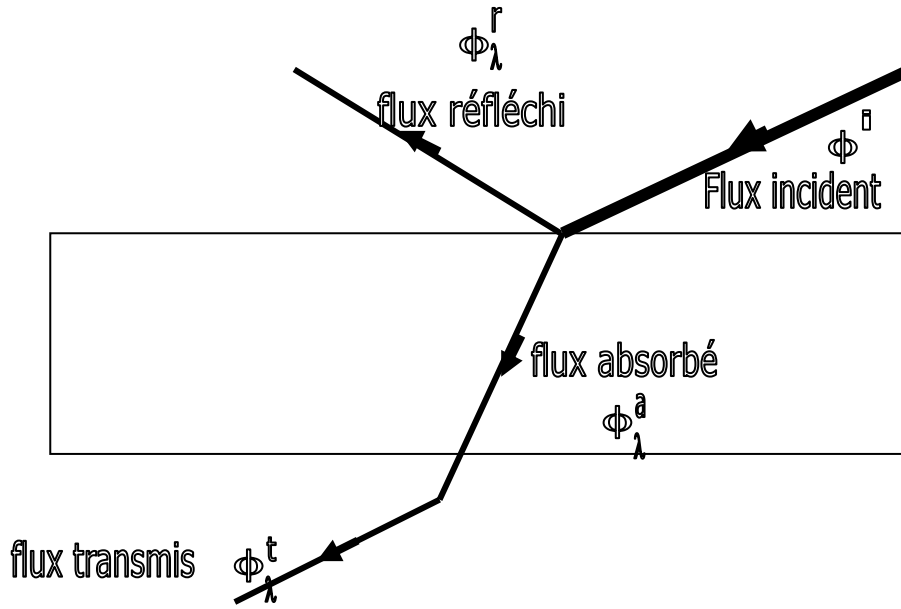
IV Réflexion, absorption et transmission

IV.1 Grandeurs monochromatiques.

* Soit un flux monochromatique φ_{λ}^i incident qui tombe sur un corps à la température T .

* Ce flux est fractionné en trois parties :

- Transmise par le corps φ_{λ}^t
- Réfléchi par le corps φ_{λ}^r
- Absorbée par le corps φ_{λ}^a



- $\alpha_\lambda = \frac{\varphi_\lambda^a}{\varphi_\lambda^i}$: Coeff d'absorption.

- $\tau_\lambda = \frac{\varphi_\lambda^t}{\varphi_\lambda^i}$: Coeff de transmission.

- $\rho_\lambda = \frac{\varphi_\lambda^r}{\varphi_\lambda^i}$: Coeff de réflexion.

$$\varphi_\lambda^t = \tau_\lambda \cdot \varphi_\lambda^i \quad , \quad \varphi_\lambda^r = \rho_\lambda \cdot \varphi_\lambda^i \quad , \quad \varphi_\lambda^a = \alpha_\lambda \cdot \varphi_\lambda^i$$

* Conservation d'énergie :

$$\varphi_\lambda^a + \varphi_\lambda^t + \varphi_\lambda^r = \varphi_\lambda^i$$

$$\alpha_\lambda \cdot \varphi_\lambda^i + \tau_\lambda \cdot \varphi_\lambda^i + \rho_\lambda \cdot \varphi_\lambda^i = \varphi_\lambda^i$$

$$\alpha_{\lambda} + \tau_{\lambda} + \rho_{\lambda} = 1$$

* Coefficients monochromatiques fonction de :

Longueur d'onde, Température, nature du corps.

IV.2 Grandeurs totales.

L'étude sur l'ensemble des longueurs d'onde conduit à une relation similaire :

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$

V. Corps noir.

* Corps de référence (étalon, symbolisé par $^{\circ}$) par rapport auquel le comportement des corps réels est évalué.

* Corps idéal qui absorbe toutes les radiations qu'il reçoit indépendamment de :

- la température.

- la longueur d'onde.

* Corps de réflexion et transmission nulles et d'absorption maximale.

$$\alpha = 1 \quad , \quad \tau = \rho = 0 \quad \forall \lambda \quad , \quad T$$

* Un corps de couleur noir absorbe la maximum mais uniquement dans le visible.

* Corps gris : corps tel que ses différents coefficients sont indépendants de vis-à-vis de la longueur d'onde :

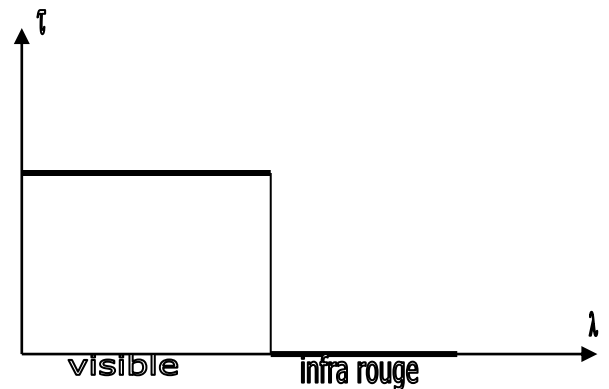
$$\alpha_\lambda = \alpha \quad , \quad \tau_\lambda = \tau \quad , \quad \rho_\lambda = \rho \quad \forall \lambda$$

* Existent des corps réels qui sont sélectifs pour certains domaines spectraux pour lesquels ils sont considérés comme gris.

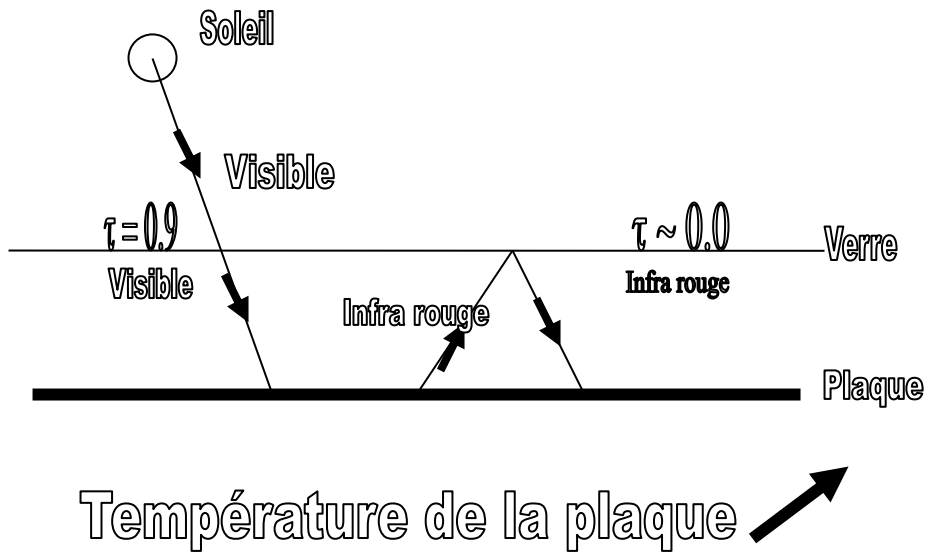
* Le verre :

Transparent pour le visible $\tau = 0.9$

Opaque pour l'infra rouge $\tau \cong 0$.



** Emploi en capteurs solaires et serres agricoles : Effet de serre.



VI Coefficient d'émission.

- * Total ou monochromatique.
- * Rapport des émittances du corps réel par rapport à celle du corps noir dans les mêmes conditions de température et de longueur d'onde :

$$\varepsilon_{\lambda T} = \frac{M_{\lambda T}}{M_{\lambda T}^{\circ}} \quad , \quad \varepsilon_T = \frac{M_T}{M_T^{\circ}} \quad ; \quad \circ \text{ corps noir}$$

- * Pour un corps gris : $\varepsilon_{\lambda T} = \varepsilon_T \quad \forall \lambda$

VII Loi de Kirchoff

* Le coefficient d'absorption d'un corps à la température T et pour la longueur d'onde λ : $\alpha_{\lambda T}$ est égale à son coefficient d'émission à même température et pour la même longueur d'onde : $\varepsilon_{\lambda T}$

$$\varepsilon_{\lambda T} = \alpha_{\lambda T}$$

* Corps noir : $\varepsilon = \alpha = 1$. Ainsi un corps noir absorbe et émet le maximum quelque soit la température T et la longueur d'onde λ .

* Corps gris : $\varepsilon_T = \alpha_T$, $\forall \lambda$

VIII Loi de Stefan Boltzmann

* Donne l'émittance totale d'un corps noir en fonction de la température selon :

$$* \quad M_T^\circ = \sigma.T^4 \quad W.m^{-2}$$

* $\sigma : C^{te} \text{ de Stefan} = 5.67.10^{-8} \text{ W. m}^{-2} . K^{-4}$

* $M_T^{\circ} = 5.675. \left(\frac{T}{100}\right)^4$

IX EMITTANCE DES COPRS REELS.

* Monochromatique : $M_{\lambda T} = \varepsilon_{\lambda T} . M_{\lambda T}^{\circ}$

* Total : $M_T = \varepsilon_T . M_T^{\circ} = \varepsilon_T . \sigma . T^4$

X Flux émis (reçu) par une surface.

* Source de surface S de température T, le flux total émis est :

$$Flux_{émis} = S . M_T = S . \varepsilon_T . M_T^{\circ} = S . \varepsilon_T . \sigma . T^4$$

* Surface réceptrice S de température T , le flux total reçu est :

$$Flux_{\text{reçu}} = E \cdot \alpha_T \cdot S$$

L'éclairement E (w/m^2) étant une donnée.