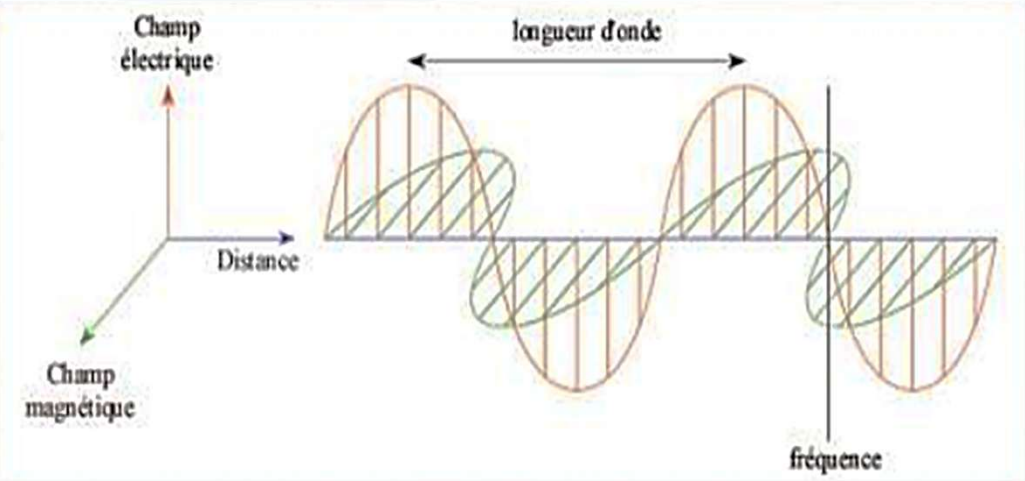
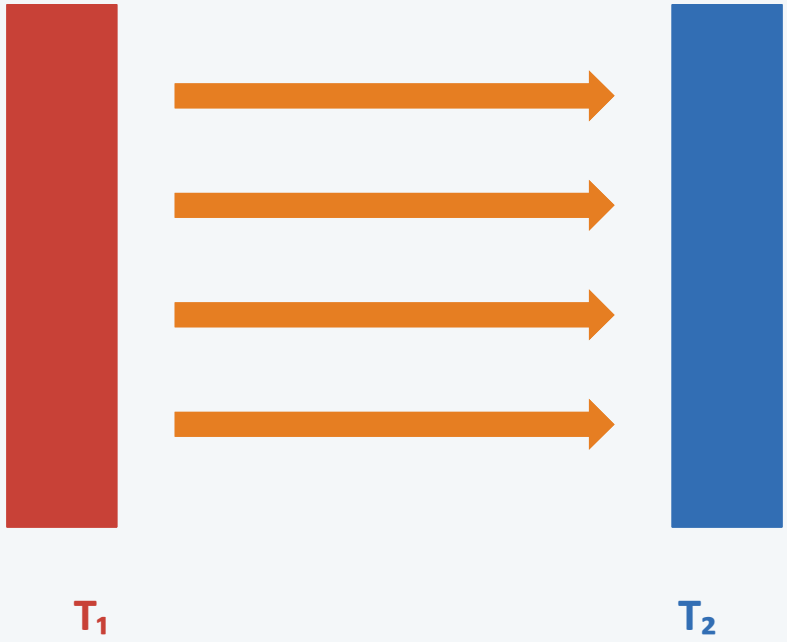
Transfert de chaleur par rayonnement

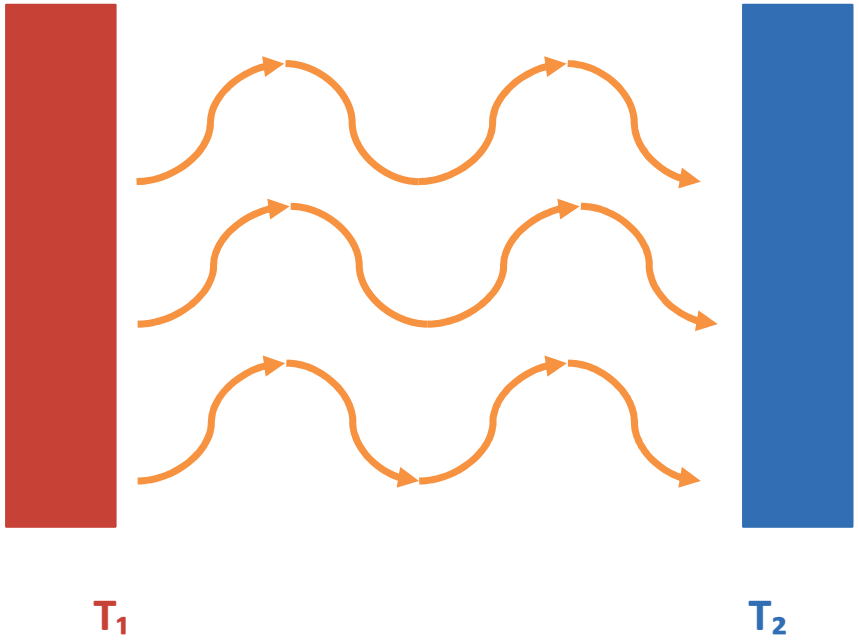
Par D, Toueix





1. Principe du rayonnement thermique

- Tout corps à une température supérieure à 0 K émet un rayonnement électromagnétique.
- Le transfert peut se produire dans le vide : aucun milieu matériel n'est nécessaire.
- L'énergie rayonnée dépend fortement de la température absolue de la surface.



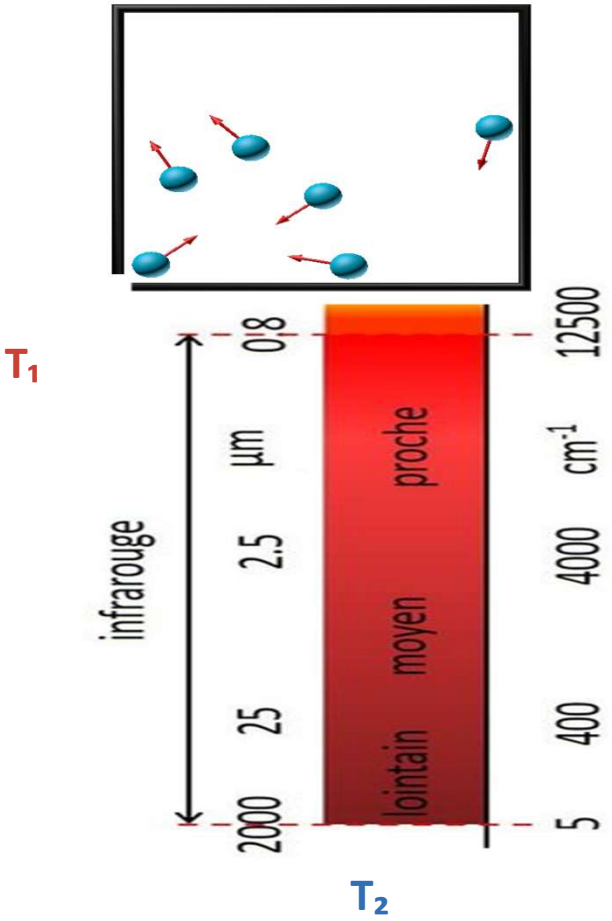
Le rayonnement devient dominant à haute température.

2. Origine et spectre du rayonnement

• L'agitation thermique de la matière provoque une émission d'ondes électromagnétiques.

• Le rayonnement thermique se situe principalement dans l'infrarouge pour les températures usuelles.

• Quand la température augmente, le maximum d'émission se déplace vers les courtes longueurs d'onde.



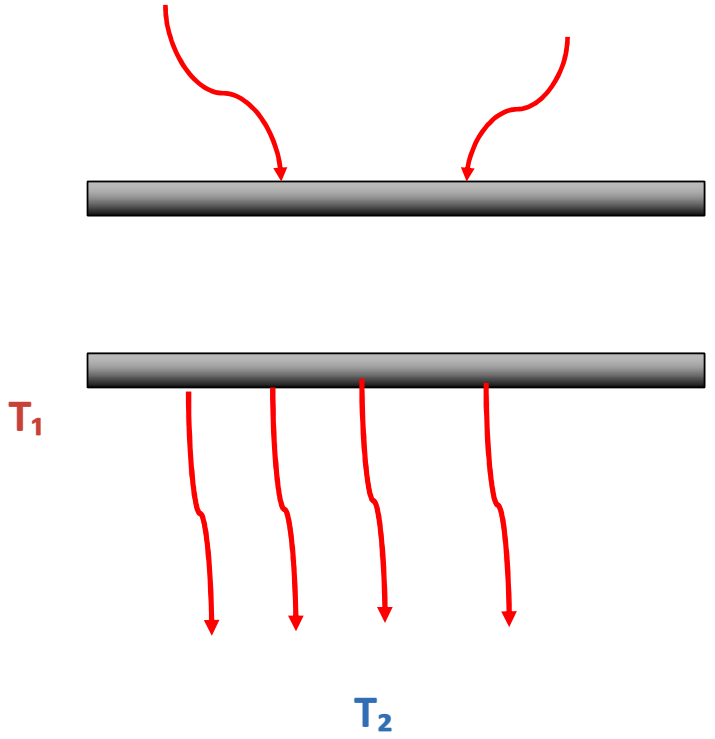
Loi de Wien : $\lambda_{max} \cdot T \approx 2{,}898 \times 10^{-3}$ m·K

3. Corps noir et loi de Stefan–Boltzmann

• Le corps noir est un modèle idéal : il absorbe tout le rayonnement incident.

• Il constitue aussi l'émetteur thermique maximal à une température donnée.

• Sa puissance surfacique émise varie comme la quatrième puissance de la température absolue.



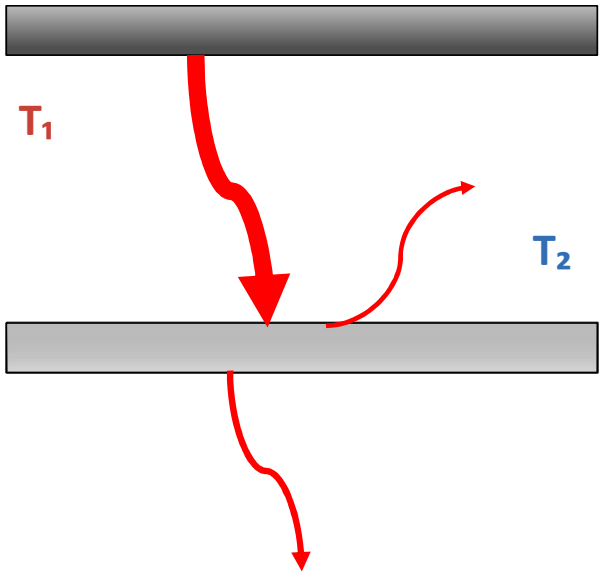
$$E_b = \sigma T^4 \quad \text{avec } \sigma = 5{,}670 \times 10^{-8}\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}$$

4. Émissivité des matériaux

• Une surface réelle émet moins qu'un corps noir : son comportement est décrit par l'émissivité ε.

• $0 \leq \varepsilon \leq 1$; une surface sombre et oxydée possède souvent une émissivité élevée.

• Les métaux polis ont généralement une faible émissivité et réfléchissent davantage.



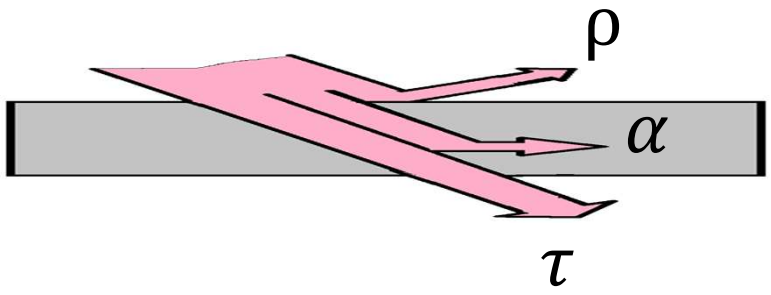
$$E = \varepsilon \sigma T^4$$

5. Absorption, réflexion et transmission

• Lorsqu'un rayonnement atteint une surface, il peut être absorbé, réfléchi ou transmis.

• On définit les fractions α (absorption), ρ (réflexion) et τ (transmission).

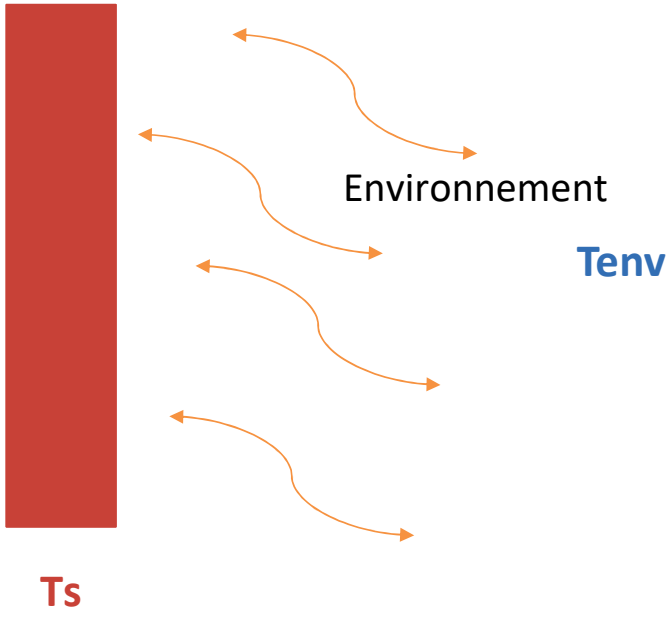
• Pour une surface opaque, la transmission est nulle.



α + ρ + τ = 1 ; opaque : α + ρ = 1

6. Échange net entre deux grandes surfaces

- Deux surfaces s'échangent simultanément du rayonnement dans les deux sens.
- Le flux net va de la surface la plus chaude vers la plus froide.
- Pour une petite surface face à un grand environnement, l'expression se simplifie fortement.



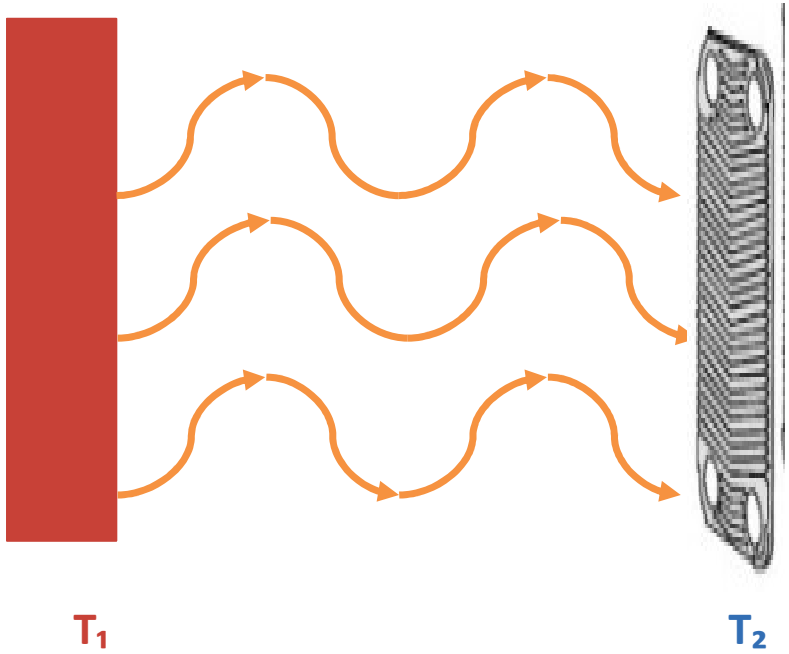
$$\dot{q} = \varepsilon \sigma A (Ts^4 - Tenv^4)$$

7. Facteur de forme géométrique

• La géométrie contrôle la fraction du rayonnement quittant une surface qui atteint une autre surface.

• Cette fraction est appelée facteur de forme, facteur de vue ou facteur de configuration Fij.

• Il dépend uniquement de la géométrie et de l'orientation des surfaces.



Ai Fij = Aj Fji

9. Rayonnement combiné avec convection

• Dans la plupart des situations réelles, convection et rayonnement agissent simultanément.

• On peut définir un coefficient radiatif hr pour comparer le rayonnement à la convection.

• Le flux total est la somme des contributions convective et radiative.



$$\dot{q}_{total} = A\,(h_c + h_r)\,(T_s - T_\infty)$$

10. Exemple d'application

$$P_{rad} = \varepsilon \times \sigma \times A \times \left(T_r^4 - T_{amb}^4\right)$$

- température : 800°C, soit 1073,15 K ;
- surface rayonnante : 0,10 m2 ;
- émissivité : 0,85 ;
- température du produit : 50°C, soit 323,15 K.

$$P_{rad} = 0{,}85 \times 5{,}6704 \times 10^{-8} \times 0{,}1\left(1073{,}15_r^4 - 323{,}15_{amb}^4\right)$$

$$P_{rad} = 63{,}4 \times 0{,}1 \approx 6{,}34 \quad soit \quad 6{,}34\ kW$$

Si α_p : L'absorptivité infrarouge du produit ;

F_{r_p}: Facteur de forme entre la résistance et le produit ;

- Fr−p=0,70 ;
- αp=0,80,

alors :

Pabs=6,4×0,70×0,80 Pabs≈3,58 kW

