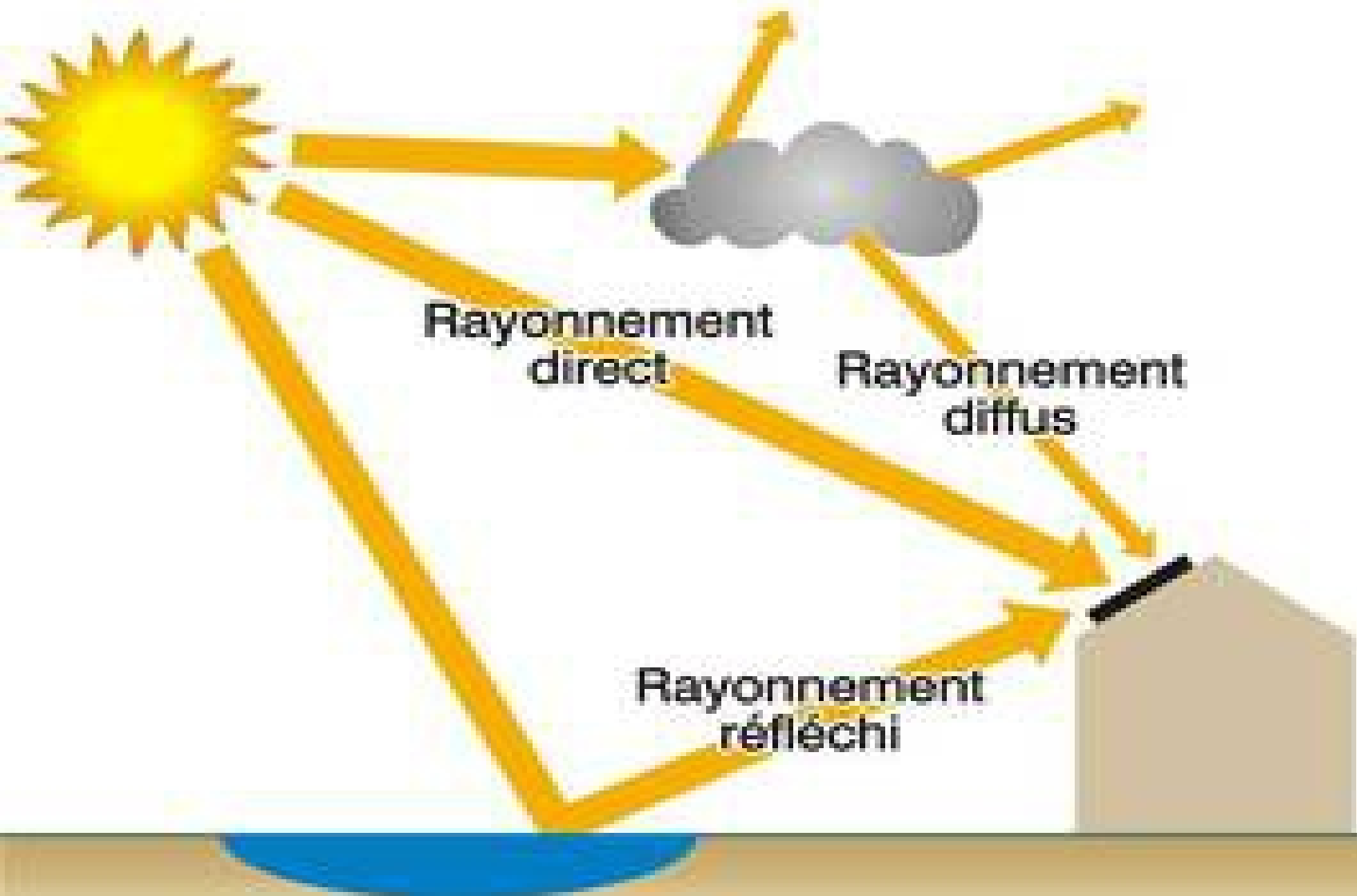


# RAYONNEMENT THERMIQUE



# Rayonnement Thermique

## I Introduction

Tout corps chauffé émet spontanément des ondes électromagnétiques, ce qui contribue aux échanges de chaleur sans support matériel.

La puissance rayonnée varie comme la puissance 4 de la température.

**La loi de Stefan Boltzmann permet de déterminer le flux de chaleur  $\Phi$  (W) émis sous forme de rayonnement par un corps de surface  $S$  (m<sup>2</sup>) dans toutes les directions de l'espace:**

Loi de Stefan - Boltzmann 
$$\phi = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S \cdot T^4$$

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

$S = \text{surface en m}^2$

$\varepsilon$  : *facteur d'émission dépendant de la nature de la surface*

, avec  $0 < \varepsilon < 1$   $\varepsilon$  sans unité

$T$  : *la température absolue du corps en kelvin*

- Le tableau ci-dessous donne quelque valeur de  $\varepsilon$

$T$ [°C]	Métaux polis	Surfaces blanches (brique, peinture)	Noir de fumée	Peinture noire briques sombres
0	0,04	0,95	0,97	0,95
125	0,05	0,94	0,97	0,94
250	0,06	0,88	0,97	0,90
550	0,07	0,70	0,97	0,85
1100	0,14	0,45	0,97	0,80
1600	0,25	0,35	0,97	0,75

$\varepsilon$  : *facteur d'émission*

Le tableau suivant donne quelques valeurs du facteur d'émission de quelques matériaux de construction pour une température

$T = 300 \text{ K}$ .

Materiaux	Facteur d'émission $\epsilon$
Ciment	0.96
Brique	0.75
Béton	0.93
Liège	0.93
Pierre	0.93
Acier inox	0.25

avec  $0 < \varepsilon < 1$

On remarque que si la température  $T$  du corps augmente alors son émission de chaleur par rayonnement augmente aussi.

## REMARQUE

Les échanges thermiques par rayonnement entre plusieurs corps dépendent de :

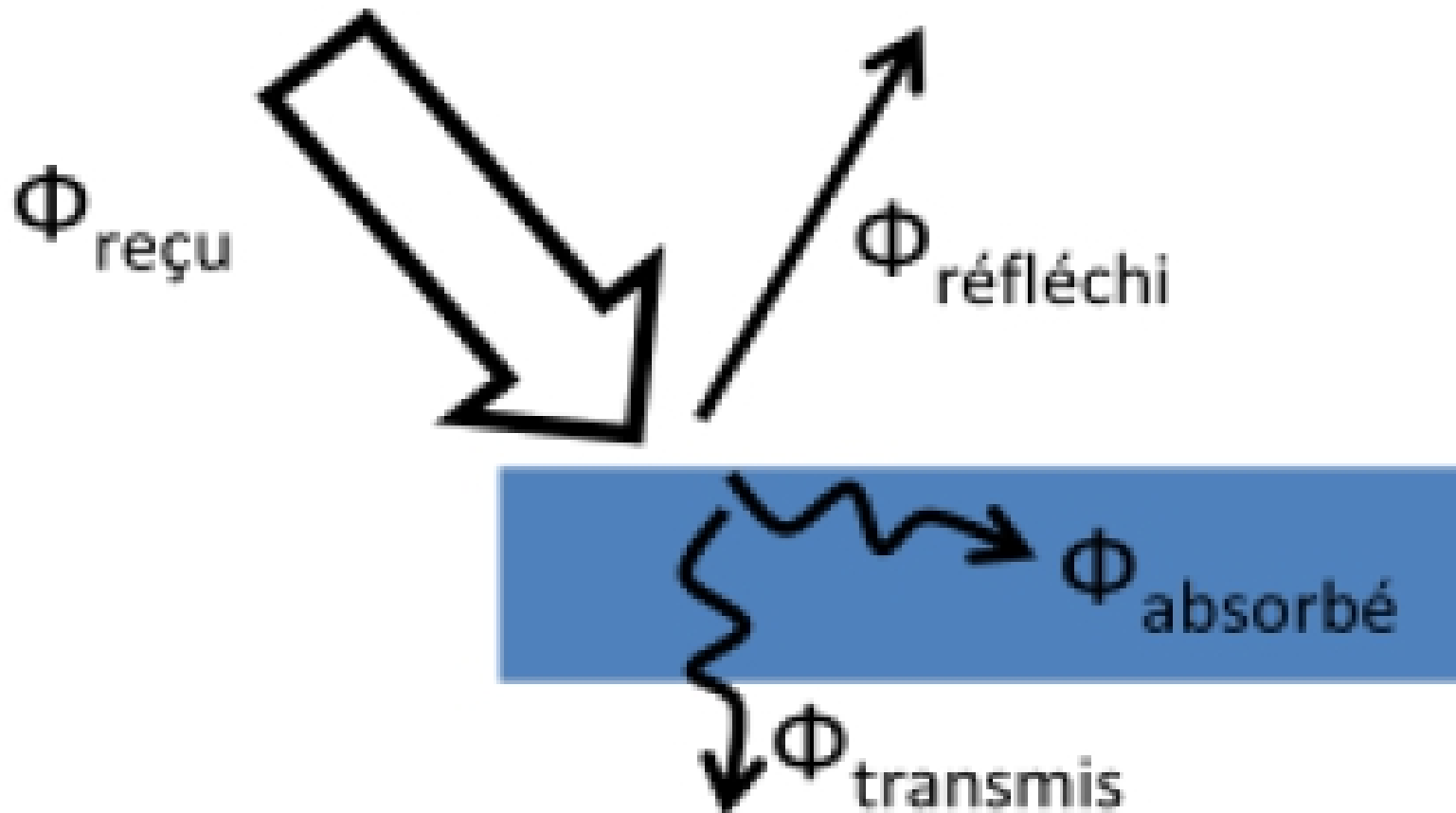
- La température des corps.
  - La géométrie des corps.
  - La nature de l'ambiance qui les sépare
- 
- Un corps qui absorbe complètement les radiations qu'il reçoit est un corps noir. Il ne réfléchit aucun rayonnement.
  - Un corps blanc réfléchit intégralement les radiations reçues sans en absorber.

## REMARQUE n°2

L'émissivité  $\varepsilon$  est un coefficient, sans unité, compris entre 0 et 1, qui dépend de la nature du matériau. mais aussi de son état de surface.

Elle traduit la capacité du matériau à absorber les rayonnements qu'il reçoit ou à transférer par rayonnement la chaleur qu'il a emmagasiné.

- Les radiations qui transportent de l'énergie peuvent se propager dans le vide: leur propagation suit les mêmes lois que celle de la lumière (vitesse identique, réflexion, réfraction, transmission, absorption)



- Une partie du rayonnement est réfléchi (**r**) .
- Une partie **du rayonnement** est transmise (**t**) si le corps est partiellement transparent ;
- Tandis que le reste de l'énergie du rayonnement incident est absorbé par le corps ( **$\alpha$** ).
- La somme des trois fractions d'énergie est égale à 1.

$$\alpha + r + t = 1$$



## REMARQUE

Si le corps est totalement transparents  $t = 1$

Si le corps est opaques  $t = 0$

Dans le cas d'un corps noir  $\varepsilon = 1$  donc  $\varepsilon = 1 = \alpha$ .

La plus part des corps  $\alpha$  est compris entre 0 et 1

## Application n°1.

*On considère une plaque chauffante de forme circulaire en acier inox, chauffée à une température de 373 K.*

*Calculer le flux thermique émis par rayonnement si la surface de la plaque est de rayon  $r = 25 \text{ cm}$  ?*



## -Solution :

On utilise la loi de *Stefan – Boltzmann* :

$$\phi_{\text{rayonnement}} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S \cdot T^4$$

A.  
N

$$\phi_{\text{rayonnement}} = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (0.25) \cdot \pi \cdot (0.25)^2 \cdot (373)^4$$

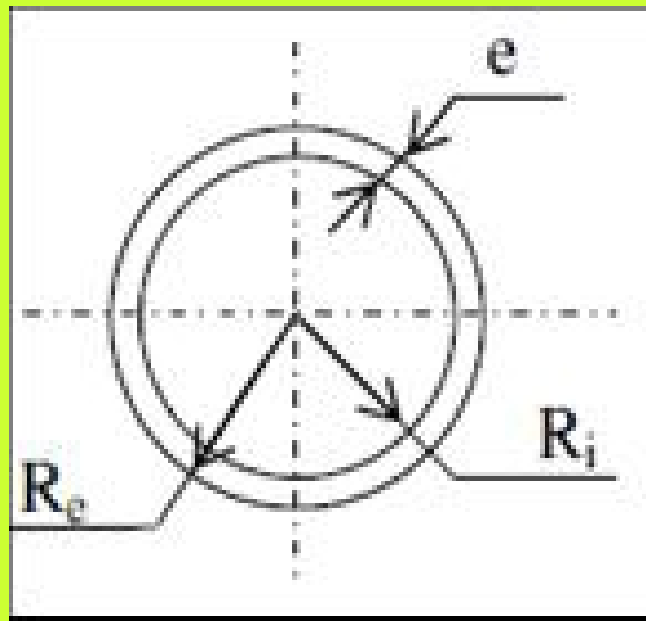
$$\phi_{\text{rayonnement}} = 53.84 \text{ W}$$

## Application n°2

On considère un tube cylindrique de 75cm de longueur, de 1,5cm de diamètre et de 0.125 mm d'épaisseur ( $e = R_e - R_i$ ), circule un flux thermique de 42 W.

Sachant que la température qui est rayonnée par la surface extérieure du tube est de  $410^{\circ}\text{C}$ .

On demande de calculer le facteur d'émission  $\varepsilon$  hémisphérique du tube ?



# Solution

$$\varepsilon = \frac{\phi_{\text{rayonnement}}}{\sigma.S.T^4} \quad \text{avec } S = \pi.D.L$$

$$T = 410^\circ\text{C} + 273 = 683 \text{ K.}$$

$$\phi_{\text{rayonnement}} = \sigma.\varepsilon.S.T^4$$

$$\varepsilon = \frac{42}{5.67.10^{-8}.\pi.0.015.0.75.683^4} \approx 0.096$$

## II Échange de chaleur par rayonnement entre deux surfaces

**Cas des corps gris:** L'émission d'un corps réel ou gris est toujours inférieure à celle du corps noir.

### Expression du flux par rayonnement:

Le flux transmis par rayonnement peut être calculé en introduisant un coefficient de transmission thermique  $h_{ray}$  par la relation suivante :

$$\phi_{ray} = h_r \cdot S \cdot (T_1 - T_2)$$

$\phi_{ray}$  : flux thermique par rayonnement exprimé en W

$h_r$  : coefficient de transmission thermique par rayonnement exprimé en  $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$  et déterminé par la relation suivante

Avec 
$$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_m^3$$

$S$  : surface d'échange en  $m^2$  ;

$T_1$  : température la plus chaude

$T_2$  : température la plus froide

## Application

Calculer le flux de chaleur par rayonnement entre deux surfaces parallèles d'une boîte de thermos lorsque l'une à la température  $100\text{ }^\circ\text{C}$  et l'autre à la température  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ?

Sachant que :  $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,01$  ;

$S = 0.060\text{ m}^2$



**Le flux de chaleur par rayonnement entre les deux surfaces du thermos est égal à :**

$$\phi_{\text{ray}} = h_r \cdot S \cdot (T_1 - T_2)$$

**Avec**

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_m^3$$

►  $T_m$  : température moyenne déterminée par l'expression suivante :

$$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} = 333 \text{ Kelvin}$$

$$h_{\text{ray}} = 0.021 \text{ w} / \text{m}^2 \cdot \text{k}$$

$$\Phi_{\text{ray}} = 0.10 \text{ W}$$





FIN