

### Le système, ses propriétés et les échanges qu'il opère avec son environnement

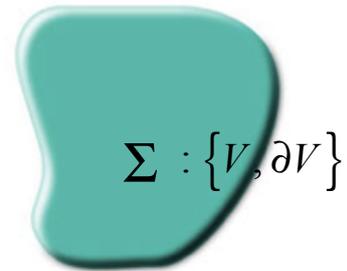
Système : partie de l'espace contenue dans une enveloppe frontière appelée *surface de contrôle*

Déséquilibres des propriétés du système

→ échanges de matière et d'énergie (TMC)

Etude des déséquilibres des propriétés de l'espace

modélisation des gradients de ces propriétés en fonction des échanges opérés entre le système et son *environnement*



$\bar{\Sigma}$  : milieu ext.

Tout ce qui n'appartient pas à  $\Sigma$  est défini comme l'*environnement*  $\bar{\Sigma}$ .

### Le système, ses propriétés et les échanges qu'il opère avec son environnement

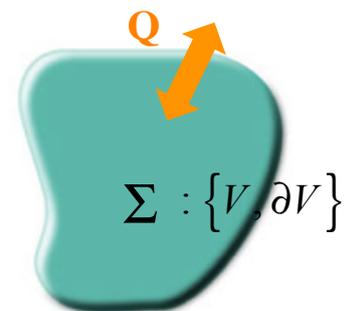
Système en thermique : caractérisé à chaque instant  $t$  par un état

Déséquilibres thermiques (hors état d'équilibre)

→ échanges d'énergie : transferts de chaleur

Etude des déséquilibres thermiques

modélisation des gradients de la propriété qui caractérise cet état en fonction des transferts de chaleur entre le système et son *environnement*



$\bar{\Sigma}$  : milieu ext.

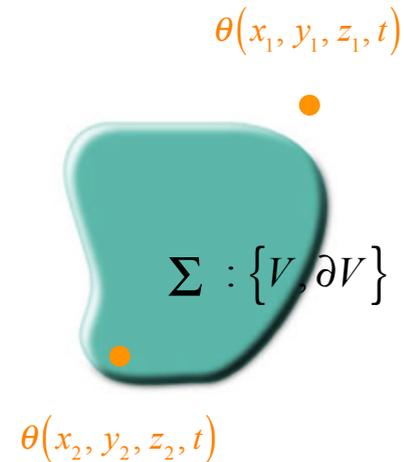
## Le système, ses propriétés et les échanges qu'il opère avec son environnement

Système en thermique : caractérisé à chaque instant  $t$  en tout point  $M(x, y, z)$  par une température  $\theta(x, y, z, t)$

Température thermodynamique : variable macroscopique traduisant la quantité d'énergie cinétique microscopique des particules élémentaires (énergie d'agitation)

$$\theta = \frac{2}{3 N k_B} \sum_{i=1}^N (e_c) = \frac{2}{3 k_B} \langle e_c \rangle$$

$$\theta [^{\circ}\text{C}] = \theta [\text{K}] - 273,15$$



## Le système, ses propriétés et les échanges qu'il opère avec son environnement

Transferts de chaleur : 2 modèles

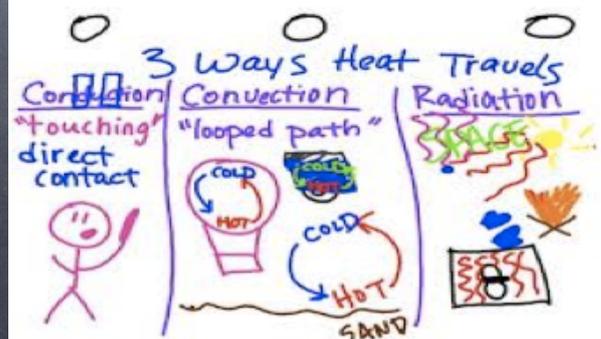
- transferts dans la matière : **diffusion**
- transferts sans support matériel : **rayonnement**

Diffusion : 2 modèles de propagation

- en milieu solide : **conduction**
- en milieu fluide : **conducto-convection**

**Rayonnement**

- pas de propagation à travers les milieux opaques
- absorption à la surface des milieux solides et liquides
- prépondérant dans le vide



## Définition du cadre expérimental

### Le rayonnement thermique

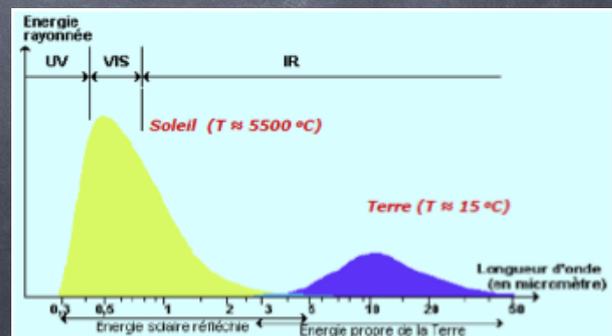
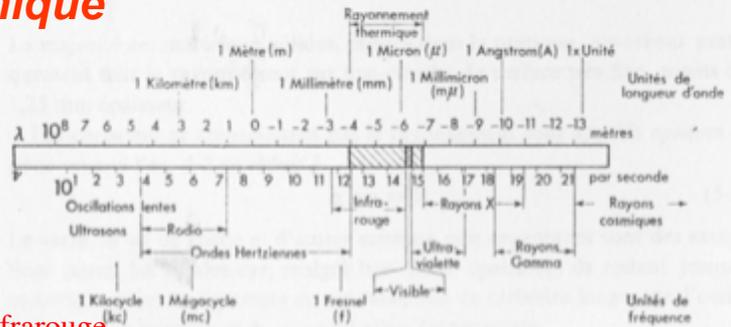
*Expérience* : échanges d'énergie sous forme électromagnétique entre tout système et son environnement

*Rayonnement* : domaines UV, visible et infrarouge

- rayonnement thermique : 0,1 à 100  $\mu\text{m}$
- rayonnement solaire : 0,1 à 3  $\mu\text{m}$

*Applications*

- le Soleil rayonne dans l'UV et dans le visible
- la Terre rayonne dans l'IR
- les objets macroscopiques rayonnent dans l'IR



## Définition du cadre expérimental

### Le rayonnement thermique

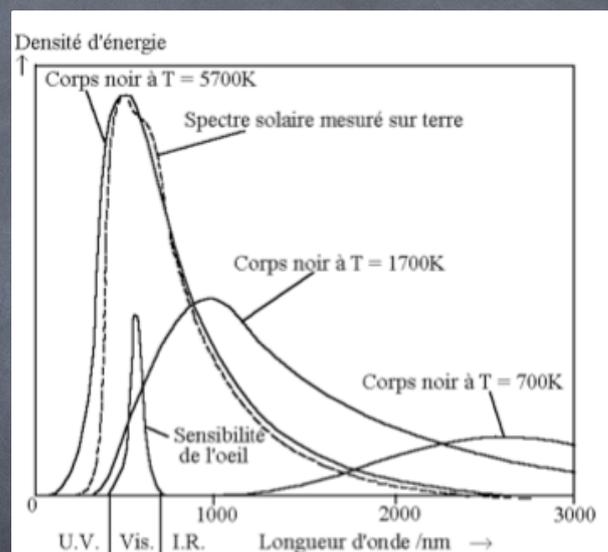
*Modèle* : loi du **corps noir** (absorbant parfait)

Transfert radiatif résultant de la somme de quantités d'énergie élémentaires, les *quanta* d'énergie, transportées par des *messagers* sans masse ni charge électrique, les *photons*

*Energie échangée entre 2 points de températures  $T_1$  et  $T_2$*

- proportionnelle à la différence de leurs températures élevées à la puissance 4

$$Q_{\text{rayonnement}} \propto (T_1^4 - T_2^4)$$



## La conduction et la conduction-convection thermique

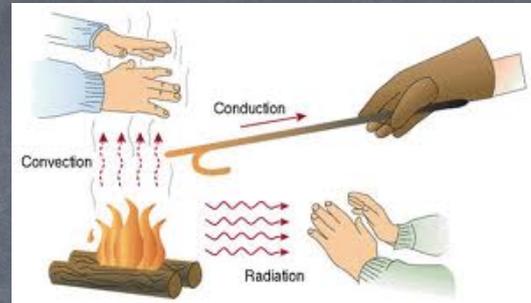
*Expérience* : propagation de l'énergie thermique dans la matière *de proche en proche* entre des points de températures différentes

*Diffusion* : 2 modèles de propagation

- conduction entre particules au repos
- conduction-convection résultant des mouvements

*Applications*

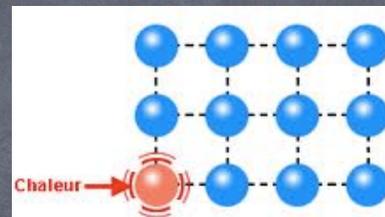
- transferts par conduction à l'intérieur des solides, entre solides en contact ou à travers des fluides immobiles
- échanges par conduction-convection à la frontière entre un solide et un fluide en mouvement



## La conduction et la conduction-convection thermique

*Modèle* : loi de Fourier et modèle de Newton

Transfert résultant du couplage de phénomènes mécaniques et thermiques : fonction des propriétés de conduction de la matière (et de l'écoulement) et de l'écart du gradient de températures



<http://www.cooling-masters.com/images/articles/nanofluide/images/conduc.gif>

*Energie échangée entre 2 points de températures  $T_1$  et  $T_2$*

- proportionnelle à la différence de leurs températures

$$Q_{diffusion} \propto (T_1 - T_2)$$

