

LES TRANSFERTS THERMIQUES

Cours p 356 – 360

Exercices corrigés: 8, 17, 19, 22, 28, 30 exercices corrigés p 362 -363

Exercices : 10, 11 ,18 ,23 , 24 ,25 , 27 ,29, 31 , 34 p 362-369

1- Comment passer du microscopique au macroscopique?

Activité : du macroscopique au microscopique

2- Qu'est ce que l'énergie totale d'un système ?

Activité documentaire : transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques

2.1- Energie totale et énergie interne d'un système macroscopique

a- Energies microscopiques (U) ou énergie interne

b- Energies macroscopiques (Em)

2.2- Variation d'énergie interne

3- Transferts thermiques

3.1- Les différents modes de transferts thermiques

a- Par conduction :

b- Par convection :

c- Par rayonnement :

3.2- Variation d'énergie interne d'un corps et température

3.3- Flux et résistance thermique

a- Définition du flux thermique

b- Définition de la résistance thermique

4- Comment faire un bilan énergétique ?

Séquence IV-3 : Les transferts thermiques

Cours p 356 – 360

Exercices corrigés: 8, 17, 19, 22, 28, 30

exercices corrigés p 362 -363

Exercices : 10, 11 ,18 ,23 ,24 ,25 , 27 ,29, 31 , 34 p 362-369

1- Comment passer du microscopique au macroscopique?

Activité : du macroscopique au microscopique

L'approche microscopique décrit le comportement individuel des constituants d'un système (atomes, molécules, particules...)

L'approche macroscopique ne s'intéresse qu'au comportement de l'ensemble des constituants du système, à une échelle accessible à l'être humain.

La matière est constituée d'un nombre trop grand d'entités (atomes, molécules, ions) pour que l'on puisse appliquer les lois physiques à l'échelle microscopique. On est donc obligé de décrire le comportement collectif d'un grand nombre d'entités à l'aide de grandeurs physiques MACROSCOPIQUES, mesurables à l'échelle humaine telles que la pression, le volume ou la température.

La constante d'Avogadro, notée N_A , permet de faire le lien entre le MICROSCOPIQUE et le MACROSCOPIQUE. La mole est une unité de quantité de matière qui contient autant d'entités qu'il y a d'atomes dans 12 g de carbone 12, soit $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Un système macroscopique est une portion d'espace limitée par une surface, contenant un grand nombre d'entités assimilées à des points matériels.

2- Qu'est-ce que l'énergie totale d'un système ?

Activité documentaire : transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques

2.1- Energie totale et énergie interne d'un système macroscopique

L'énergie totale E_{TOT} d'un système physique se décompose en :

a- Energies microscopiques (U) ou énergie interne

- Les énergies cinétiques des particules composant le système, qui sont en mouvement du fait de leur agitation thermique liée à la température ;

- Les énergies potentielles d'interaction électromagnétiques et gravitationnelles entre les atomes, ions, molécules ...

b- Energies macroscopiques (Em) ou énergie mécanique

- L'énergie cinétique du système s'il est en mouvement ;

- Les énergies potentielles (de pesanteur, électrique, élastique).

Ainsi, l'énergie totale d'un système physique est égale à :

$$E_{TOT} = E_m + U$$

E_m ou énergie mécanique en J

U ou énergie interne en J

2.2- Variation d'énergie interne

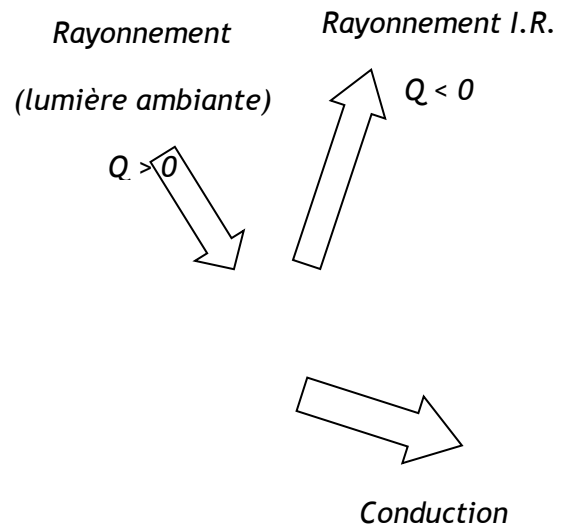
Seule est mesurée la **variation d'énergie interne ΔU** , qui dépend de l'**état initial** du système et de son **état final**.

Elle est la conséquence d'échanges d'énergie avec l'extérieur par travail W ou par transfert thermique Q

$$\Delta U = W + Q$$

Le travail et le transfert thermique sont des transferts d'énergie, ils sont comptés :

- **positivement** s'ils sont **reçus** par le système,
- **négativement** s'ils sont **cédés** par le système.



↑ Figure 4 :

Echange énergétique d'un café

Remarque : Dans le cas où le système étudié n'interagit pas avec son environnement (système isolé), son énergie interne reste constante : $\Delta U = 0$ J

3- Transferts thermiques

L'existence d'une différence de température entre deux systèmes ou au sein d'un système engendre un **transfert spontané d'énergie, sous forme thermique (chaleur) de la partie la plus chaude vers la partie la plus froide.**

Le (ou les) système(s) tend(ent) vers l'équilibre thermique.

Les transferts thermiques induisent de l'irréversibilité : le système évolue vers un état final sans pouvoir revenir à son état initial.

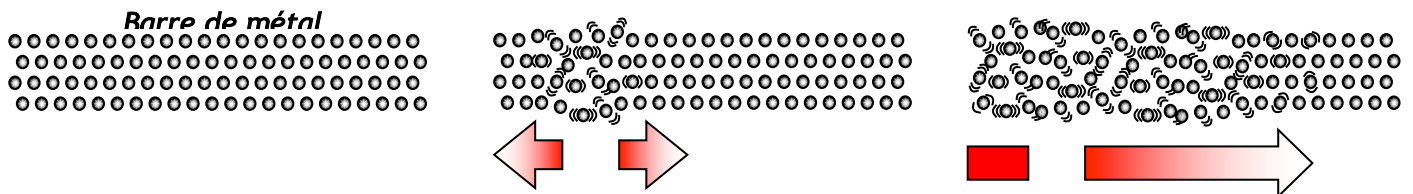
Il existe trois modes de transferts thermiques.

3.1- Les différents modes de transferts thermiques

a- Par conduction

Transfert d'énergie thermique sans transport de matière.

L'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière, Elle se produit principalement pour les solides.



↑ *Figure 6 : La conduction thermique*

L'agitation des atomes est diffusée à partir de la partie chauffée du métal.

Livre doc 7 p.357

b- Par convection :

Transfert d'énergie thermique avec transport de matière.

Elle ne se produit que dans les fluides (gaz, liquides).

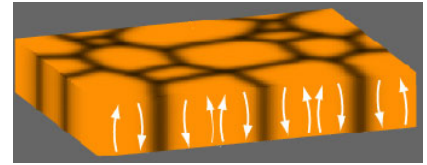
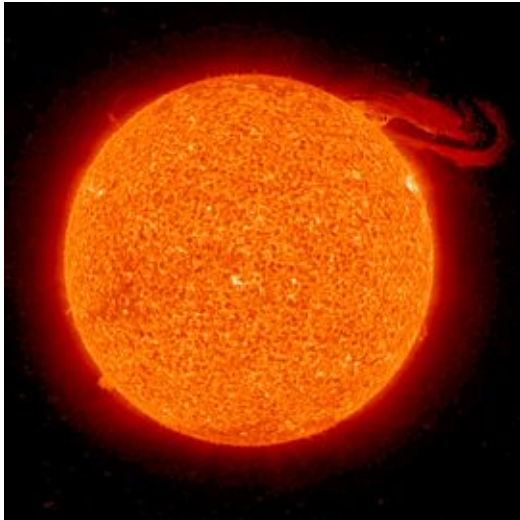
Le fluide chauffé, et donc dilaté, s'élève à la verticale de la source entraînant un appel de fluide à la base de la source chaude. Le fluide est ainsi brassé.

Contrairement à la conduction, il y a un déplacement (macroscopique) de matière.

Ex : Mouvements de convection dans l'eau chauffée

Livre doc. 8 p357

↓ *Figure 7 : Mouvement de convection*



Cellule de convection ou granule

Questions :

- Quels sont les modes de transfert thermique permettant à l'énergie du cœur d'une étoile d'arriver à sa photosphère ? *convection et rayonnement*
- Comment expliquer que la bordure des ces granules soit moins lumineuse que son cœur ?

La matière chaude remonte au cœur des granules et est plus lumineuse que la matière froide qui redescend à l'extérieure des granules

c- Par rayonnement :

L'absorption ou l'émission de rayonnement électromagnétique modifie l'agitation thermique.
Ce mode de transfert s'effectue même dans le vide.

↓ *Figure 8 : Rayonnement I.R.*

Livre p 358 schéma

3.2- Variation d'énergie interne d'un corps et température

On considère un système solide ou liquide qui n'échange de l'énergie que par transfert thermique sans changer d'état physique.

Lorsqu'un corps de masse m , liquide ou solide, passe d'une température initiale T_i à une température finale T_f , sa variation d'énergie interne ΔU a pour expression :

$$\Delta U = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

$$\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T$$

ΔU en J
 ΔT en kelvins (K) ou °C
 m en kg
 c en $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ou en $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$

La grandeur **c** est appelée « **capacité thermique massique** » du solide ou du liquide en question.

Elle représente l'énergie qu'il faut fournir pour augmenter de $1 K = 1^\circ C$ la température d'un kilogramme de ce solide ou liquide.

Exemples :

Matériau	Eau	Cuivre	Ethanol	Brique	Verre	Aluminium
$c (J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$	4180	385	2430	840	720	897

Questions :

- a. Quelle énergie faut-il fournir à 3
- b.
- c.
- d. kg d'eau pour élever sa température de $2^\circ C$?

- e. Calculer la variation d'énergie interne de 150 L d'eau chauffés de $15^\circ C$ à $65^\circ C$.

- f. Calculer la température finale d'un morceau de cuivre de 500 g à 312 K recevant une énergie de 10 000 J.

3.3- Flux et résistance thermique

a- Définition du flux thermique

Le **flux thermique** Φ ou traduit la vitesse du transfert thermique à travers une paroi, qui se fait spontanément de la source chaude vers la source froide et est IRREVERSIBLE. C'est l'énergie thermique Q (J) transférée à travers une paroi par unité de temps (s) .

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Φ est une puissance exprimée en Watt (W)

Q l'énergie thermique en J

Exemple : Le mur de la figure 10 laisse passer en une heure une énergie de $1,73 \cdot 10^5$ J. Le flux thermique

correspondant est : $\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{1,73 \cdot 10^5}{3600} = 48,1 \text{ W}$

b- Définition de la résistance thermique

La résistance thermique R_{th} d'un corps traduit sa capacité à s'opposer à ce transfert thermique.

Φ en watts (W)

$$R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{\Phi}$$

T en K ou °C

R_{th} en $K \cdot W^{-1}$ ou $^{\circ}C \cdot W^{-1}$

Pour une paroi plane, la résistance dépend de :

- son épaisseur e
- sa surface S
- sa constitution caractérisé par une conductivité thermique notée λ

Ainsi, la résistance thermique R est aussi définie par :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

e en m
 S en m^2
 λ en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
 R_{th} en $K \cdot W^{-1}$

A noter : Lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique

Matériau	λ ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
Air	0,026
Polystyrène	0,036
Bois	0,16
Béton	0,92
Verre	1,2
Acier	46
Cuivre	390

équivalente est égale à la somme des résistances thermiques.

4- Comment faire un bilan énergétique ?

Effectuer un bilan énergétique sur un système lors d'une transformation consiste à :

- Définir le **système macroscopique** étudié.
- Relever la **nature des transferts énergétiques** entre ce système et l'extérieur (par travail ou par transfert thermique).
- Déterminer le **sens de ces transferts** et leur attribuer un signe positif si le système reçoit de l'énergie, ou négatif s'il en perd. (schéma)
- Représenter ces transferts par une chaîne énergétique et conclure sur l'efficacité de la transformation en déterminant généralement un rendement (en %) noté η (êta)

$$\eta = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie reçue}}$$

Livre doc. 13 p358 exemple : du café chaud