

Compétences

- Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques
- Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé
- Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique.
- Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.
- Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.

Plan

- 1- Du microscopique au macro**
- 2- Energie interne**
 - 2.1- Définition
 - 2.2- Variation d'énergie interne
 - 2.3- Capacité thermique
- 3- Transferts thermiques**
 - 3.1- Modes de transferts
 - 3.2- Flux thermiques
- 4- Bilan énergétique d'un système**
- 5- Machines thermiques**
 - 5.1- Définition
 - 5.2- Moteurs
 - 5.3- Récepteurs

TP : partie 1 : Mesurer la capacité thermique du laiton

TP : partie 2 : Comprendre les 3 modes de transferts thermiques

1- Du microscopique au macro

On parle d'échelle microscopique lorsqu'on se situe au niveau de la molécule ou de l'atome. On parle d'échelle macroscopique lorsqu'on se situe à un niveau d'un grand ensemble de molécules ou d'atome typiquement un ensemble de N_A et plus entités microscopiques. N_A étant le nombre d'avogadro ($N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

2- Energie interne

2.1- Définition

L'énergie d'un système résulte de la somme de son énergie mécanique et de son énergie interne :

$$E_{\text{tot}} = E_m + U$$

L'énergie mécanique E_m est la somme de son énergie CINÉTIQUE et de la somme de ses énergies potentielles (de ...PESANTEUR, ELECTROMAGNETIQUE, ELASTIQUE)

$$E_m = E_c + \sum E_p$$

L'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques : l'énergie cinétique microscopique et l'énergie potentielle microscopique

$$U = E_{c\mu} + \sum E_{p\mu} \quad \mu \text{ veut dire microscopique}$$

... $E_{c\mu}$ l'énergie microscopique cinétique.

... $E_{p\mu}$ la somme des énergies microscopiques potentielles (dues aux interactions entre les particules:

....CHIMIQUE.. ...ELECTRIQUE.... MAGNETIQUE... NUCLEAIRE...

2.2- Variation d'énergie interne

La variation d'énergie interne ΔU d'un système est la conséquence d'échanges d'énergie avec l'extérieur par travail W ou par transfert thermique Q . Si l'énergie mécanique du système est constante (ce qui arrive s'il est au repos par exemple) alors

$$\Delta U = W + Q$$

Par convention, le travail et le transfert thermique sont comptés positivement s'ils sont reçus par le système et négativement s'ils sont cédés par le système.

Exemple : un radiateur électrique : reçoit de l'énergie électrique ($W > 0$) et fournit de l'énergie thermique ($Q < 0$).

Rmq : Le 1^{er} principe de la thermodynamique indique que $\Delta E = \Delta U + \Delta E_m = W + Q$
si le système n'a pas de variation d'énergie mécanique alors $\Delta U = W + Q$

Ex n°13 p364

2.3- Capacité thermique

La capacité thermique C d'un corps est l'énergie thermique que doit recevoir ce corps pour élever sa température d'un degré Celsius (ou d'un Kelvin).

On parle souvent de capacité thermique MASSIQUE $C_m = C/m$
 c ne dépend plus alors de la masse, mais seulement de l'état physique et de la nature du corps.

Exemple :

Capacité thermique massique : Plomb (solide) $C_m = 130 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Eau(liq) $C_m = 4180 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

à dire :

Si on multiplie C_m par une masse et par une valeur de température en Kelvin on obtient des JOULES, c'est à dire une énergie.

Lorsque la température d'un corps de masse m dans un état condensé, c'est-à-dire à l'état solide ou liquide, passe d'une température T_i à T_f , sa variation d'énergie interne ΔU a pour expression :

$$\Delta U = m \times C_m \times (T_f - T_i) \quad \text{ou} \quad \Delta U = m \times C_m \times \Delta T$$

Avec ΔU variation d'énergie interne : en Joules

m masse du système : en kg

ΔT variation de température : en Kelvin ou en °C

(car c'est une variation de température)

C_m : capacité thermique massique (en $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$)

(La calorie a été définie : énergie nécessaire pour élever la température de 1 g d'eau de 14,5°C à 15,5°C sous pression atmosphérique normale $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$.)

En toute rigueur la capacité thermique dépend de la température (il ne faut pas la même énergie pour élever 1kg d'eau de 14°C à 15°C que de 80°C à 81°C) Dans tous les exercices on fera l'approximation que la capacité thermique est indépendante de la température (mais pas de l'état physique – solide, liquide ou gazeux).

Ex (cours) n°11 p364

Ex (d'application) n°12 p364

3- Transferts thermiques

3.1- Modes de transferts

3.1.1- Par conduction

L'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière, mais sans déplacement d'ensemble de celle-ci. Elle se produit essentiellement dans les solides.

Ex : un bout de fer chauffé...

Pourquoi un morceau de fer semble plus froid qu'une table en bois ?

Bien qu'à la même température, le morceau de fer est un meilleur conducteur de la chaleur

<http://pcsi-unautreregard.over-blog.com/article-29111156.html>

3.1.2- Par convection

L'agitation thermique se transmet de proche en proche dans la matière, mais AVEC déplacement d'ensemble de celle-ci. Elle se produit dans les fluides

Ex : le mouvement de l'air au-dessus d'un radiateur.

3.1.3- Par rayonnement

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

Ex : le soleil sur une surface sombre.

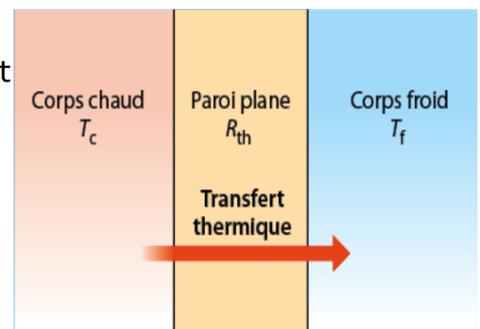
Ex n°15 p364

3.2- Flux thermiques

http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/flux_thermique.swf

Une paroi sépare deux milieux, l'un est à une température T_1 et l'autre à une température T_2 . On souhaite calculer le transfert thermique.

Exemple une paroi vitrée (température intérieure (T_c) 20°C , température extérieure (T_f) -4°C)
doc 10 p214



3.2.1- Définition

(Rmq dans le livre φ est noté P_{th})

Le **flux thermique** φ est l'énergie transférée à travers une paroi par unité de temps. Ce transfert thermique se fait spontanément de la source chaude vers la source froide; il est naturellement irréversible.

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t} \quad \varphi \text{ (en W); } Q \text{ (en J); } \Delta t \text{ (en s)}$$

3.2.2- Résistance thermique

Lorsque l'équilibre est établi (la température de part et d'autre est stable), alors le flux thermique est proportionnel à la différence de température :

ainsi $\Delta T = T_c - T_f = R_{th} \times \varphi$

Pour que le flux soit toujours positif on écrira :

$$|T_c - T_f| = R_{th} \times \varphi \quad \text{Avec } \varphi \text{ en W}$$
$$\Delta T \text{ en K}$$

donc R_{th} en $K.W^{-1}$

analyse :

Pour un même écart de température, plus la résistance thermique est importante, plus le flux thermique sera ...PETIT..., et la paroi sera d'autant plus considérée comme un ...BON... isolant thermique.

Comment modifier une résistance thermique ?

Celle-ci dépend d'une part de l'épaisseur (e) du matériau et de sa surface (S).

- plus l'épaisseur est grande, plus la résistance est grande.
- Plus la surface est grande, plus la résistance est petite.

D'autre part de la nature du matériau. En effet, un matériau est caractérisé par sa conductivité thermique, c'est à dire sa capacité à conduire la chaleur. Plus sa conductivité (λ) sera grande, plus la résistance thermique sera petite.

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

(remarque dans le commerce la résistance thermique notée R est donnée en $m^2.K.W^{-1}$).

Ex n°18 p 365

4- Bilan énergétique d'un système

Pour établir un bilan énergétique, il faut :

- définir le système macroscopique étudié;
- relever la nature des transferts énergétiques (par travail ou par transfert thermique) entre ce système et l'extérieur
- récupérer le sens de ces transferts et leur attribuer un signe positif si le système reçoit de l'énergie ou négatif s'il en perd.

Application : Pompe à chaleur ; radiateur

Ex n°19 p 365
synthèse : n°23 p 366
bac 29 p368

5- Machines thermiques

5.1- Définition

Les machines thermiques assurent la transformation du travail mécanique en chaleur ou l'inverse.

L'énergie interne des machines thermiques ne varie pas (au cours d'un cycle).

on distingue

- les moteurs (qui fournissent un travail mécanique à l'extérieur)
- les récepteurs (qui reçoivent du travail)

5.2- Moteurs

Moteur thermique (à explosion): diesel et cie

5.3- Récepteurs

Pompe à chaleur, réfrigérateur, pompe à chaleur

Faire activité documentaires sur le frigo : livre hachette p 354.

activité p354