

Animation

1. microscope à effet tunnel (CEA)
2. molécules dans un piston (académie de Dijon)

Table des matières

I) Le monde microscopique et macroscopique.....1
 1) La constante d'Avogadro N_A1
 2) Ordre de grandeur vidéo.....1
 3) Dispositifs de visualisation d'atomes et molécules1

II) Variation d'énergie interne d'un système2
 1) Energie interne d'un système.....2
 2) Variation d'énergie totale d'un système2
 3) Capacité thermique 'C' et capacité thermique massique 'c' 2

III) les transferts d'énergie thermique.....3
 1) les différents modes de transfert.....3
 2) Transfert thermique et paroi plane.....3

IV) Bilan énergétique4
 1) Méthode pour effectuer un bilan énergétique.....4
 2) Exemple de bilan énergétique4

Programme officiel.....4

I) Le monde microscopique et macroscopique

1) La constante d'Avogadro N_A

Rappel: pour pratiquer la chimie, les chimistes doivent dénombrer le nombre d'atomes, d'ions ou de molécules appelés « entités chimiques » (échelle microscopique) présentes dans les échantillons de matière qu'ils manipulent à l'échelle humaine (échelle macroscopique).

Exemple : Le nombre d'atomes de fer contenu dans un échantillon de masse $m = 3,5$ g sachant que la masse d'un atome fer est égale à $9,3 \cdot 10^{-23}$ g se calcul ainsi :
 $N = 3,5 / 9,3 \cdot 10^{-23} = 3,8 \cdot 10^{22}$ atomes.

Une mole d'entités élémentaires chimiques (atomes, ions, molécules ...) est la quantité de matière d'un système contenant $6,02 \cdot 10^{23}$ entités. Elle est notée avec la lettre 'n'. La mole est l'unité de quantité de matière, son symbole est mol.

Pourquoi ce nombre $6,02 \cdot 10^{23}$? Calculer la masse 'm' d'une mole de nucléons (masse d'un nucléon $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg).
 $m = 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 1,00 \cdot 10^{-3}$ kg = 1,00 g
 Réponse vidéo.

Le nombre d'entités N constituant un échantillon est égale au produit de la quantité de matière par la constante d'Avogadro N_A
 $N = n \cdot N_A$

Avec $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ appelée constante d'Avogadro.

La constante d'Avogadro fait le lien entre le monde microscopique (comportement des N entités élémentaires) et macroscopique (comportement de 'n' mole d'entités élémentaires)

Exemple: $n(O_2) = 0,5$ mol, le nombre de molécules de dioxygène correspondant à cette quantité de matière est :
 $N(O_2) = n(O_2) \cdot N_A$
 $N(O_2) = 0,5 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 3 \times 10^{23}$ molécules

2) Ordre de grandeur vidéo

L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche de ce nombre. Soit un nombre écrit en notation scientifique $a \cdot 10^n$:

si $a < 5$, l'ordre de grandeur du nombre est 10^n
 $a \geq 5$, l'ordre de grandeur est 10^{n+1}

Exemple :

objet	distance en mètre (notation scientifique)	ordre de grandeur
MACROSCOPIQUE		
Terre-Lune	$3,8 \cdot 10^8$ m	10^8 m
Altitude du Mont Blanc	$4,8 \cdot 10^3$ m	10^3 m
Rayon de la Terre	$6,4 \cdot 10^6$ m	10^7 m
Taille d'un homme	1,70 m	$10^0 = 1$ m
Distance Terre-Soleil	$1,5 \cdot 10^{11}$ m	10^{11} m
Diamètre de notre Galaxie	$9,5 \cdot 10^{20}$ m	10^{20} m
Taille estimée de l'Univers	$1,2 \cdot 10^{26}$ m	10^{26} m
MICROSCOPIQUE		
Rayon atome d'hydrogène	$1,05 \cdot 10^{-10}$ m	10^{-10} m
Dimension d'une cellule humaine	$1,6 \cdot 10^{-5}$ m	10^{-5} m
Rayon du noyau d'un atome d'hydrogène	$1,5 \cdot 10^{-15}$ m	10^{-15} m
Dimension d'une molécule	$2 \cdot 10^{-9}$ m	10^{-9} m

3) Dispositifs de visualisation d'atomes et molécules

Pour visualiser des systèmes microscopiques on utilise 2 types de microscope:

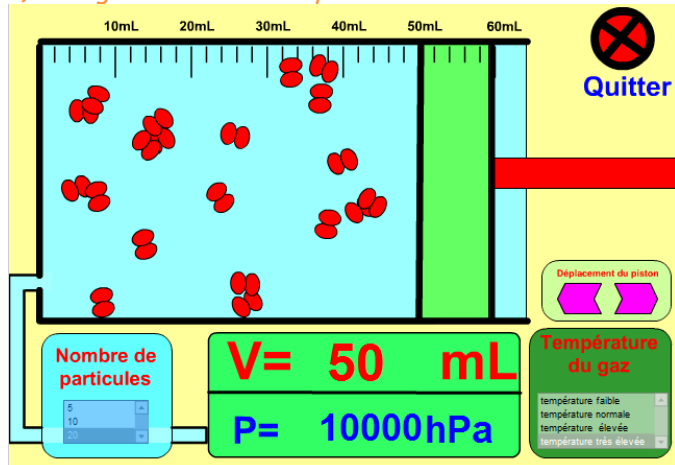
- le microscope à effet tunnel (animation CEA) et vidéo

Il permet de dessiner atome par atome la surface d'un matériau conducteur en mesurant le courant électrique établi par effet tunnel entre sa pointe et la surface à étudier.

- microscope à force atomique (CEA) est un instrument permettant d'analyser le relief à l'échelle atomique. Doté d'une pointe à extrémité métallique placée sur un levier flexible. Le microscope enregistre les interactions entre les atomes de la pointe et ceux de la surface à analyser. L'analyse de ces interactions permet de dessiner le relief du matériau.

II) Variation d'énergie interne d'un système

1) Energie interne d'un système



Cliquer sur l'animation suivante [molécules dans un piston](#), augmenter la température. Comment évolue l'énergie cinétique des molécules? Comment définir l'énergie interne d'un système chimique?

L'énergie interne U d'un système macroscopique est égale à la somme de :

- l'énergie cinétique microscopique des entités élémentaires composant le système
- l'énergie potentielle microscopique des entités élémentaires:

$$U = E_c(\text{microscopique}) + E_p(\text{microscopique})$$

Unité d'énergie: le joule (J)

L'énergie potentielle microscopique est due aux interactions gravitationnelles et électromagnétiques entre les entités élémentaires du système.

L'énergie totale E_{tot} d'un système est égale à la somme de:

- l'énergie mécanique macroscopique E_m du système, $E_m = E_c(\text{macroscopique}) + E_p(\text{macroscopique})$
- l'énergie interne U

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

unité: le joule (J)

Exemple: si la seringue est placée à une hauteur z , qu'on la déplace avec une vitesse constante v , son énergie totale du système gaz est:

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

$$E_{\text{tot}} = 1/2.mv^2 + m_{\text{gaz}}.g.(z-z_0) + E_c(\text{microscopique}) + E_p(\text{microscopique})$$

2) Variation d'énergie totale d'un système

La variation d'énergie totale E_{tot} d'un système est égale à la somme de la variation d'énergie mécanique macroscopique E_m du système et de la variation d'énergie interne U :

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

Dans ce chapitre on considère des systèmes pour lesquels l'énergie mécanique est constante. Par conséquent la variation d'énergie totale du système est égale à la variation d'énergie interne: $\Delta E_{\text{tot}} = \Delta U$

Clique sur l'animation [molécules dans un piston](#) (académie de Dijon) et cherche les paramètres pouvant faire varier l'énergie interne du système gaz.

Dans le cas où l'énergie mécanique est constante, La variation d'énergie interne du système est égale à la somme des travaux des forces extérieures W et de la chaleur Q échangée avec le milieu extérieur:

$$\Delta U = W + Q$$

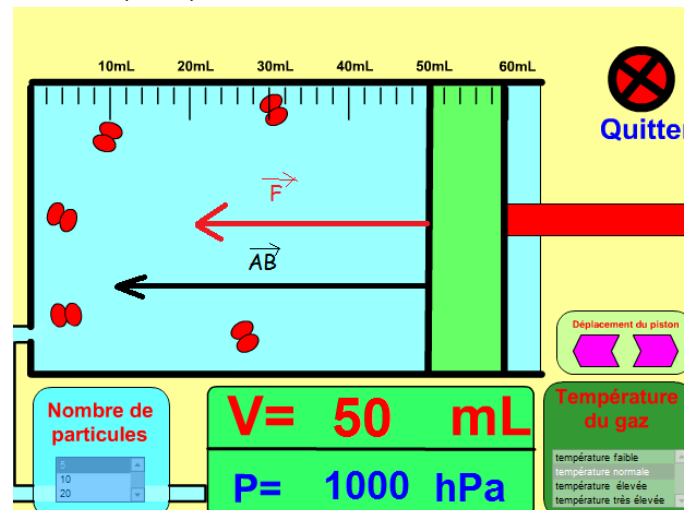
Exemple: Comment augmenter l'énergie interne des molécules présentes dans un piston? De 2 manières:

1) lorsqu'on actionne le piston d'un point A à un point B on exerce une force F pressante sur le gaz donc un travail $W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(0) = F \cdot AB > 0$ la variation d'énergie interne vaut:

$\Delta U = W(\vec{F}) + Q = W(\vec{F}) > 0$ ($Q = 0$ pas d'échange de chaleur avec l'extérieur). L'énergie interne augmente. Comment s'en aperçoit-on? La vitesse des molécules augmentent donc l'énergie cinétique macroscopique également:

$$\Delta U = W(\vec{F}) = \Delta E_c(\text{micro}) + \Delta E_p(\text{micro})$$

$$\Delta U = \Delta E_c(\text{micro})$$



2) On peut également augmenter la température par un apport de chaleur Q extérieur:

$$\Delta U = W(\vec{F}) + Q = \Delta E_c(\text{micro}) + \Delta E_p(\text{micro})$$

$$\Delta U = Q = \Delta E_c(\text{micro})$$

Les molécules voient leur énergie cinétique augmenter.

3) Capacité thermique 'C' et capacité thermique massique 'c'

Rappel: L'échelle légale de température est l'échelle de température absolue dont l'unité est le Kelvin (K).

Une échelle très utilisée est l'échelle Celsius dont l'unité est le degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

La température absolue, notée T et la température Celsius notée θ sont liées par la relation :

$$T(K) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

En l'absence de toute agitation thermique, la température absolue T est égale à 0 K : c'est le zéro absolu. Il n'existe pas de température inférieure à 0 K. A cette température les entités chimiques sont immobiles.

La capacité thermique C d'un corps dans un état condensé (solide ou liquide) est l'énergie thermique qui faut lui apporter pour élever sa température d'un degré Kelvin:
Unité: le joule par Kelvin ($J.K^{-1}$)

Exemple: la capacité thermique de l'eau est $C = 4,18 \times 10^3 J.K^{-1}$. Pour élever sa température de $T_i = 20^\circ C$ à $T_f = 100^\circ C$ il faut lui apporter une énergie thermique Q tel que:

$$Q = C.\Delta T = C.(T_f - T_i)$$

$$Q = 4,18 \times 10^3 \times ((100 + 273) - (20 + 273))$$

$$Q = 3,34 \times 10^5 J$$

La capacité thermique massique c d'un corps est égale au rapport de sa capacité thermique divisée par sa masse:

$$c = \frac{C}{m}$$

Unité: $J.K^{-1}.kg^{-1}$ ou $J.^{\circ}C^{-1}.kg^{-1}$

La capacité thermique massique correspond à l'énergie thermique qu'il faut fournir à un kilogramme de corps pour élever sa température de $1^\circ C$ ou $1 K$.

Exemple: c (aluminium) = $897 J.^{\circ}C^{-1}.kg^{-1}$; c (eau) = $4,18 \times 10^3 J.^{\circ}C^{-1}.kg^{-1}$

Considérons un corps solide ou liquide, de masse m , qui échange une énergie thermique Q avec le milieu extérieure. Sa température passe d'une valeur T_i à T_f . La variation de son énergie interne est:

$$\Delta U = Q = C.\Delta T = C.(T_f - T_i)$$

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

Unité légale: ΔU (J); m (kg); c ($J.kg^{-1}.K^{-1}$); C ($J.K^{-1}$)

III) les transferts d'énergie thermique

1) les différents modes de transfert

Il existe 3 modes de transfert thermique:

- la conduction: qui est un transfert thermique par contact d'une source chaude vers une source froide sans transport de matière. L'agitation des molécules de la source chaude se transmet progressivement à celles de la source froide.

Par exemple une casserole est chauffée, elle transmet de la chaleur à l'eau qui voit sa température augmenter.

- la convection: une source chaude se déplace et fournit une énergie thermique à une source froide.

Par exemple un sèche-cheveux envoie de l'air chaud et réchauffe les cheveux, l'eau s'évapore.

- l'émission ou la réception d'un rayonnement s'accompagne d'un transfert thermique.

Le soleil émet des rayonnements (UV, visibles infrarouges) qui réchauffe la Terre et ses habitants!

2) Transfert thermique et paroi plane

On considère une source chaude à la température T_c et une source froide à la température T_f ($T_c > T_f$) placée de part d'autre d'une paroi. La source chaude transfère une quantité de chaleur Q à la source froide. Ce transfert est

irréversible car il ne peut se faire spontanément dans l'autre sens (de la source froide vers la source chaude).

Le flux thermique φ est le rapport de l'énergie thermique transférée sur la durée du transfert. Ce transfert s'effectue toujours de la source chaude vers la source froide.

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

Unité: φ ($J.s^{-1}$), Q (J), Δt (s)

Lorsque les températures T_c et T_f sont constantes le flux thermique a pour expression:

$$\varphi = \frac{T_c - T_f}{R_{th}}$$

Unité: T_c (K), T_f (K), R_{th} est la résistance thermique de la paroi. Son unité est le kelvin par watt ($K.W^{-1}$) ou le degré Celsius par watt ($^{\circ}C.W^{-1}$).

Exemple: la résistance thermique d'une vitre est $R_{th} = 5,0 \times 10^{-3} K.W^{-1}$; la température de la pièce est $T_c = 22^\circ C$, la température extérieure est $T_f = 2^\circ C$. Calculer le flux thermique et la chaleur perdue en 1h.

$$\varphi = \frac{T_c - T_f}{R_{th}} = \frac{22 - 2}{5,0 \times 10^{-3}} = 4,0 \times 10^3 J.s^{-1}$$

$$Q = \varphi.\Delta t = 4,0 \times 10^3 \times 1 \times 3600 = 1,4 \times 10^7 J$$

Remarque: plus la résistance thermique est importante plus le flux thermique est faible car $\varphi = \frac{T_c - T_f}{R_{th}}$. Or $\varphi = \frac{Q}{\Delta t}$,

donc plus la résistance thermique est importante plus la chaleur échangée entre la source chaude et la source froide est faible. Un matériau possédant une résistance thermique élevée est un bon isolant.

La résistance thermique R_{th} est inversement proportionnel à:

- la conductivité thermique λ du matériau

- la surface S du matériau traversé par le flux

R_{th} est proportionnel à l'épaisseur ' e ' de la paroi:

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

Unité: e (m), S (m^2), λ ($W.m^{-1}.K^{-1}$), R_{th} ($K.W^{-1}$)

Exemple: comparons la chaleur perdue par un mètre carré de laine de verre et de béton de même épaisseur $e = 0,24$ m. La température extérieure est $T_f = 5^\circ C$, la température à l'intérieur de la maison est $T_c = 20^\circ C$. R_{th} (laine) = $6,85 K.W^{-1}$, R_{th} (béton) = $0,24 K.W^{-1}$. La durée du transfert est $\Delta t = 1h$.

$$\frac{Q(\text{laine})}{\Delta t} = \frac{T_c - T_f}{R_{th}(\text{laine})}$$

$$\frac{Q(\text{béton})}{\Delta t} = \frac{T_c - T_f}{R_{th}(\text{béton})}$$

$$\frac{Q(\text{béton})}{Q(\text{laine})} = \frac{R_{th}(\text{laine})}{R_{th}(\text{béton})} = \frac{6,85}{0,24} = 28$$

La chaleur perdue par le béton est 28 fois plus grande que celle perdue par la laine de verre! La laine de verre est un bon isolant thermique.

IV) Bilan énergétique

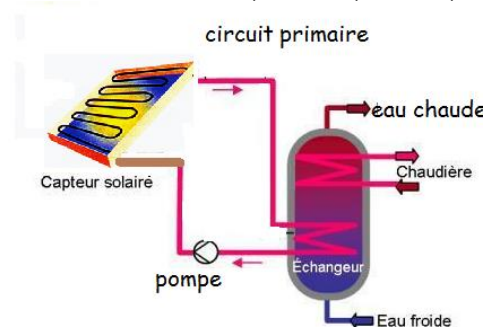
1) Méthode pour effectuer un bilan énergétique

Pour effectuer un bilan énergétique:

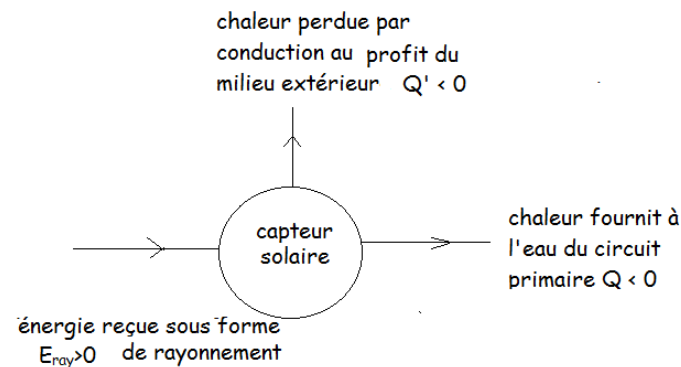
- 1) définir le système d'étude
- 2) répertorier les différents types de transferts énergétiques (travail, chaleur ...) entre le système et le milieu extérieur
- 3) repérer par des flèches le sens du transfert. Si le système reçoit de l'énergie, elle sera comptée positivement, si le système fournit de l'énergie elle sera comptée négativement.

2) Exemple de bilan énergétique

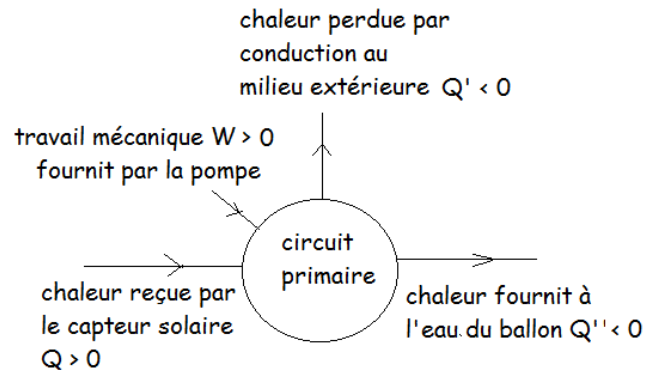
Le chauffe-eau solaire est constitué d'un capteur solaire qui convertit le rayonnement du soleil en chaleur. Cette chaleur est communiquée à l'eau d'un circuit primaire. L'eau du circuit primaire est mise en mouvement par une pompe. Elle est envoyée dans le ballon de stockage qui contient de l'eau qui est ainsi réchauffé. Une chaudière électrique fournit également de la chaleur à l'eau froide du ballon dans le cas la chaleur produite par le capteur solaire



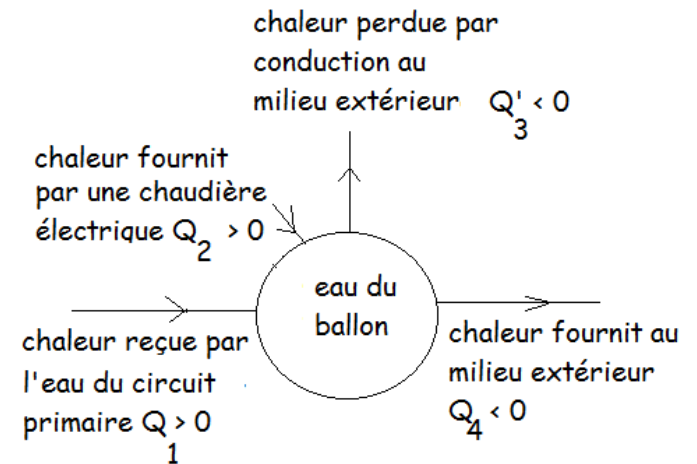
Bilan énergétique, système: capteur solaire



Bilan énergétique, système: eau du circuit primaire



Bilan énergétique, système: eau du ballon



Programme officiel

Comprendre: Lois et modèles

Comment exploite-t-on des phénomènes périodiques pour accéder à la mesure du temps ? En quoi le concept de temps joue-t-il un rôle essentiel dans la relativité ? Quels paramètres influencent l'évolution chimique ? Comment la structure des molécules permet-elle d'interpréter leurs propriétés ? Comment les réactions en chimie organique et celles par échange de proton participent-elles de la transformation de la matière ? Comment s'effectuent les transferts d'énergie à différentes échelles ? Comment se manifeste la réalité quantique, notamment pour la lumière ?

Énergie, matière et rayonnement

Notions et contenus	Compétences exigibles
<p>Du macroscopique au microscopique Constante d'Avogadro</p>	<p>Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules. Évaluer des ordres de grandeurs relatifs aux domaines microscopique et macroscopique.</p>
<p>Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques</p> <p>Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique.</p> <p>Capacité thermique.</p> <p>Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.</p> <p>Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité. Bilans d'énergie.</p>	<p>Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques.</p> <p>Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.</p> <p>Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique.</p> <p>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.</p>