

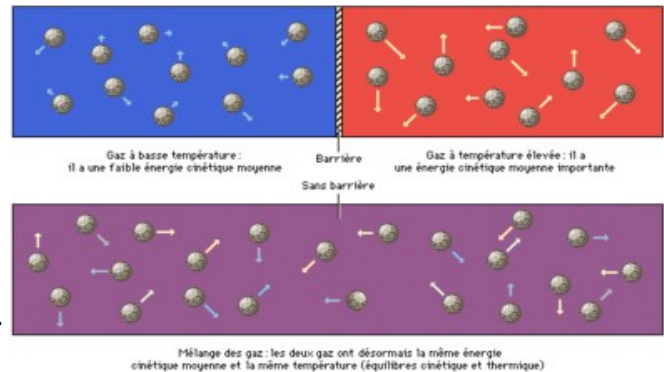
I Notion de température et d'énergie interne**1. Différence entre un objet chaud et un objet froid**

ts.devernay.net/thermique.html

Les particules (atomes ou molécules) d'un système sont en mouvement désordonné. Ce mouvement appelé agitation thermique , est mesuré à l'échelle macroscopique par la température .

Exemple pour des gaz :

Lorsqu'un objet chaud est en contact avec un objet froid, une partie de l'énergie cinétique des particules chaudes est donnée aux particules froides. Au total, les particules chaudes sont moins chaudes et les particules froides sont moins froides ! En fait, un transfert de **quantité de mouvement** a eu lieu exactement comme entre deux mobiles autoporteurs qui se percutent.

**2. Énergie interne U d'un système.**

L'énergie interne U d'un système est donc la somme de toutes les énergies cinétique et potentielle microscopiques des particules qui le constituent. On rappelle que l'énergie cinétique d'une particule de masse m et de vitesse v est son énergie de mouvement dont la formule est :

$$E_c = \frac{1}{2} \times m \cdot v^2$$

On rappelle aussi que l'énergie potentielle E_p d'une particule peut correspondre à une énergie de torsion, de compression...

Pour résumer : $U = E_c + E_p$. L'unité de U est le Joule (J) puisqu'il s'agit d'une énergie.

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

EXIGIBLE

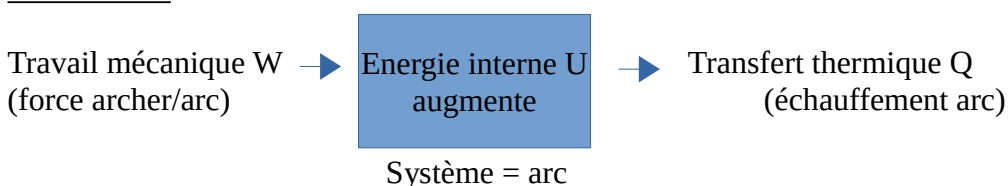
Question :

A quelle température correspond l'absence totale d'agitation thermique ? -273,16 °C soit 0 Kelvin

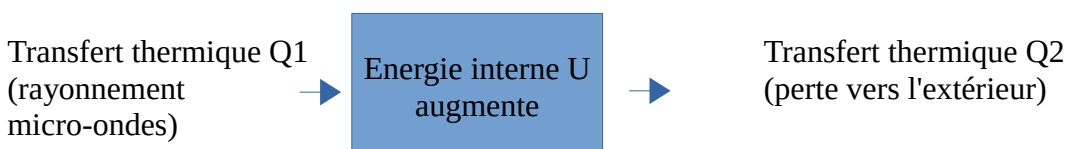
3) Comment modifier l'énergie interne U d'un système ?

Exploitation de l'activité Archer (voir fin doc) . Compléter les diagrammes énergétiques (EXIGIBLE) suivants :

Pour l'archer :

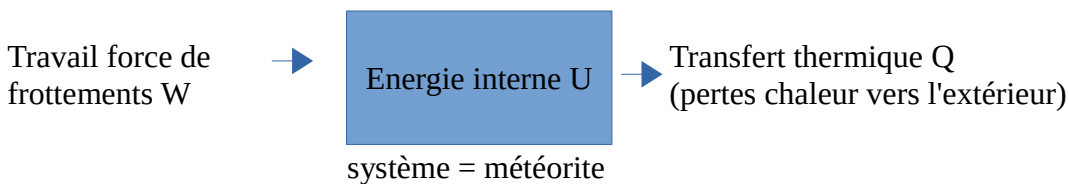


Pour l'eau dans un micro-ondes :



système = eau

Pour le météorite :



Remarque : Évidemment, il est tout à fait possible de faire diminuer l'énergie interne U d'un système. Par exemple, un yaourt dans un réfrigérateur !

Bilan :

Pour faire varier l'énergie interne d'un système, il y a 2 possibilités :

- lui donner (+) ou enlever (-) de l'énergie thermique Q. Autrement dit, chauffer ou refroidir.
- lui donner ou enlever du travail W. Autrement dit, le compresser, le dilater, le tordre...

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 :

$$\Delta U = W + Q \quad (\text{non exigible})$$

C'est le premier principe de la thermodynamique.

4) Capacité thermique massique c

Expérience : On chauffe 1 kg d'eau et 1kg d'huile avec le même chauffage. L'eau et l'huile reçoivent donc la même quantité de chaleur Q.

Observations : La température de l'huile augmente plus que celle de l'eau.

Chaque matériau est donc caractérisé par une capacité thermique massique c : c'est la quantité de transfert thermique Q nécessaire pour augmenter la température de 1°C pour 1 kg de ce corps.

Exemples :

$c(\text{eau}) = 4\,180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $c(\text{huile}) = 2\,000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $c(\text{Aluminium}) = 897 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $c(\text{Plomb}) = 130 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ $c(\text{éthanol}) = 2\,430 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Cela veut dire que certains matériaux ont besoin de moins d'énergie thermique que d'autres pour monter en température. En particulier, les métaux chauffent ou refroidissent vite. L'eau met plus de temps à chauffer. Par contre, 1kg d'eau peut transporter plus de chaleur que 1 kg d'huile par exemple. C'est pourquoi l'eau est souvent utilisée dans les systèmes de chauffage.



Le transfert thermique Q reçue ou donnée par un système de masse m, de capacité thermique massique c passant de la température T_i à T_f est donc :

$$Q = mc(T_f - T_i) \quad m \text{ en kg, } c \text{ en J/kg/K}^{-1}, T \text{ en Kelvin}$$

Le Kelvin K est l'unité de température officielle en physique (Autres unités non officielles : le degré Celsius ou le Fahrenheit .) Pour convertir une température exprimée en degrés Celsius en une température exprimée en Kelvin, il faut utilisé la formule :

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

Par exemple, 20 °C correspond à 293,15 K. Par exemple, -273,15 °C (la plus basse température possible = le zéro absolu) correspond à 0 K.

Calculer le transfert thermique Q nécessaire pour faire bouillir 2L l'eau (eau à 20 °C initialement).

$$Q = 2 \times 4180 \times 20 = 167\,200 \text{ J}$$

5) Relation entre la capacité thermique massique c et l'énergie interne U

Si un système de masse m et de capacité thermique c, ne reçoit ni ne donne de travail W alors, d'après le premier principe de la thermodynamique :

$$\Delta U = W + Q = Q = mc(T_f - T_i)$$

Autrement dit, l'énergie interne U d'un système n'échangeant pas de travail W varie si on le chauffe ou si on le refroidit. .



EXIGIBLE

III Comment se propagent les transferts thermiques (« la chaleur ») ?

1. Exemples de modes de transfert

Comment la chaleur va-t-elle d'un endroit à un autre ?

Par exemple, comment va-t-elle d'une flamme de brûleur de cuisinière à l'eau ?

Par **conduction** dans la casserole.

Comment va-t-elle des résistances du grille-pain à la tranche de pain ?

Par **rayonnement** à travers l'air.

Comment va-t-elle de l'émetteur du four à micro-ondes jusqu'à l'eau ?

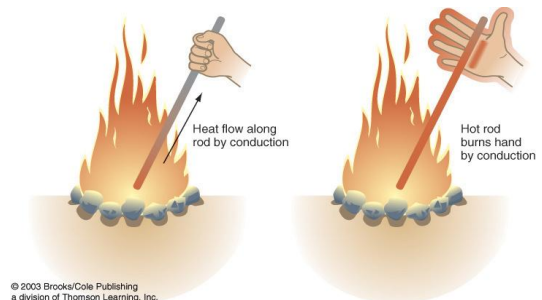
Par **rayonnement** à travers l'air.

Comment circule-t-elle vers le plafond au contact d'un radiateur ?

Par **convection** dans l'air

2. Définitions des 3 modes de transfert

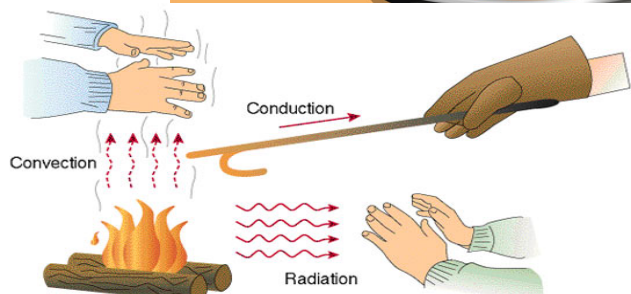
La **conduction** a lieu principalement entre corps **solides**. L'agitation thermique du corps chaud ou de la zone chaude est transmise de proche en proche au corps froid ou à la zone froide jusqu'à obtenir l'équilibre des températures. Ce mode de transfert s'effectue **sans déplacement global de matière**.



La **convection** se produit dans un **fluide** (gaz ou liquide). La zone chaude moins dense que la zone froide s'élève et laisse la place à du fluide plus froid. Au contraire de la conduction, la convection correspond à un **déplacement global de matière**.



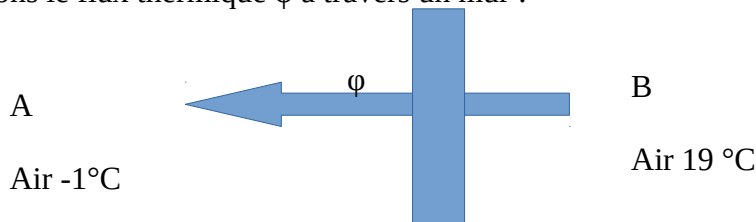
Tout corps en raison de sa température, émet des **rayonnements** thermiques ; il en absorbe également. Le rayonnement ne nécessite pas de milieu matériel, car les ondes électromagnétiques peuvent se déplacer dans le vide.



IV Flux et résistance thermique

1. Définition du flux thermique

Observons le flux thermique ϕ à travers un mur :



A chaque seconde, une certaine « quantité de chaleur » ou transfert thermique Q passe de B à A. Le flux thermique φ correspond à cet écoulement de chaleur de B vers A. Il est donc défini par la formule :

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t} \quad \varphi \text{ en J.s}^{-1}, Q \text{ en Joule J, } \Delta t \text{ en seconde s} \quad \text{NON EXIGIBLE}$$

Le flux thermique est l'énergie thermique transférée à travers une paroi par unité de temps.

2. Calcul du flux thermique φ en fonction des températures

Le flux thermique à travers la paroi séparant deux corps, ayant pour températures T_A et T_B constantes, s'exprime aussi par :

$$\varphi = \frac{T_A - T_B}{R_{th}} \quad \varphi \text{ en J/s, } T \text{ en Kelvin(K), } R_{th} \text{ en K/W} \quad \text{EXIGIBLE}$$

R_{th} est la résistance thermique de la paroi.

Cette formule, vérifiée par l'expérience, est logique puisque :

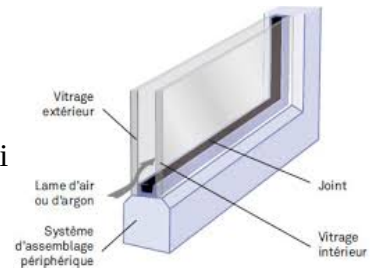
- lorsque l'écart de température augmente, le flux thermique φ augmente .
- lorsque la résistance thermique augmente, le flux thermique φ diminue .

Cette formule est comparable à la loi d'Ohm en électricité : $U = R \times I$ ou $I = U / R$
 I étant l'intensité du courant électrique serait comparable au flux thermique et U analogue à la différence des températures. R correspondrait à la résistance thermique. Tout comme une résistance électrique limite le passage du courant, une résistance thermique limite le passage du flux thermique. La résistance thermique d'une paroi dépend du matériau, de l'épaisseur e de la paroi et de sa surface S . Si une paroi est constituée de plusieurs matériaux alors la résistance thermique de la paroi est égale à la somme des résistances thermiques de chacun des matériaux.

Par exemple, la résistance thermique d'un double vitrage est :

$$R_{\text{double vitrage}} = R_{\text{vitre}} + R_{\text{air}} + R_{\text{vitre}}$$

Exercice :



On peut trouver sur le marché des casseroles en aluminium et d'autres en cuivre.

Pour déterminer lequel de ces deux matériaux est celui qui transfère l'énergie thermique le plus rapidement, Marc utilise deux plaques de mêmes dimensions, l'une en cuivre et l'autre en aluminium.

Il maintient un écart de température constant et égal à $5,0^\circ \text{C}$ entre les deux faces planes et parallèles de la plaque de cuivre.

Le transfert thermique, pendant une durée $\Delta t = 15 \text{ min}$, entre les deux faces est :

$$Q_{\text{Cu}} = 4,4 \times 10^6 \text{ J.}$$

Ensuite, il procède de même avec la plaque d'aluminium dont la résistance thermique est $R_{th \text{ Al}} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$.

- Donnée le flux thermique a pour expression :

$$\varphi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{|T_1 - T_2|}{R_{th}}$$

- Quel est le flux thermique qui traverse la plaque de cuivre ?
- Quel est le flux thermique qui traverse la plaque d'aluminium ?
- Pour des dimensions identiques, quel est le matériau qui transfère le plus rapidement l'énergie thermique ?