

La Thermodynamique

partie 1

Les notions de chaleur et de température sont les plus fondamentales de la thermodynamique. On peut définir la thermodynamique comme la science de tous les phénomènes qui dépendent de la température et de ses changements.

<http://fr.wikipedia.org>



s.bolay, Automaticiens 3g, CFPs -EMVs, 2007

Notion de température

- La température est l'impression subjective de la sensation de chaud ou de froid au toucher. Cette sensation est imprécise. Elle dépend :
 - des individus;
 - de la partie du corps en contact;
 - des sensations qui ont précédé le contact.
- La température est le « niveau » auquel la chaleur se trouve dans un corps.



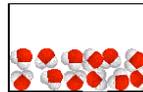
An example of a "frozen" IR-picture taken in a test, when a test subject had applied a vasodilative liniment on the left half of his face. The temperature difference (> 5°C) can be distinctly observed. <http://herkules oulu.fi>. Cold Protecting Emollients and Frostbite

Interprétation microscopique de la température

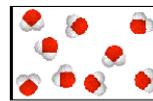
- Etat solide
 - Les particules (ex. molécules d'eau) ont un mouvement propre, mais elles ne se déplacent pas les unes par rapport aux autres.
 - Les molécules d'eau dans un solide sont proches les unes des autres et l'ensemble formé est **ordonné** et **régulier**.
- Etat liquide
 - Les particules ont un mouvement propre. Elles peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres.
 - Les molécules d'eau dans un liquide sont proches les unes des autres et l'ensemble formé est **désordonné**.
- Etat gazeux
 - Les particules ont un mouvement **désordonné**.
 - Elles sont très éloignées les unes des autres.
 - C'est un état totalement invisible et si on la voit la vapeur d'eau s'élever au-dessus d'une casserole d'eau bouillante, c'est que le mouvement ascendant de la vapeur entraîne avec lui de minuscules gouttelettes d'eau.



SOLIDE



LIQUIDE

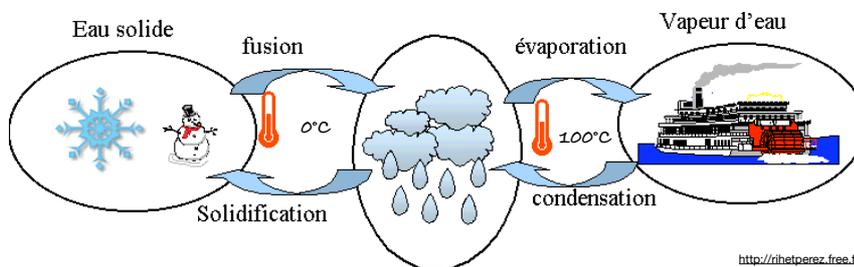


GAZ

La température est une mesure de l'agitation des particules d'un corps, donc de leur **énergie cinétique moyenne**. Lorsque l'agitation de ces molécules augmente, la température d'un corps s'élève.

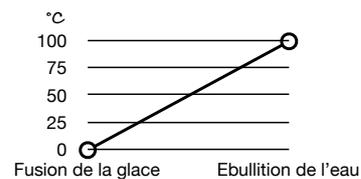
images:
<http://rihetperez.free.fr>

Le Degré Celsius θ [$^{\circ}\text{C}$]

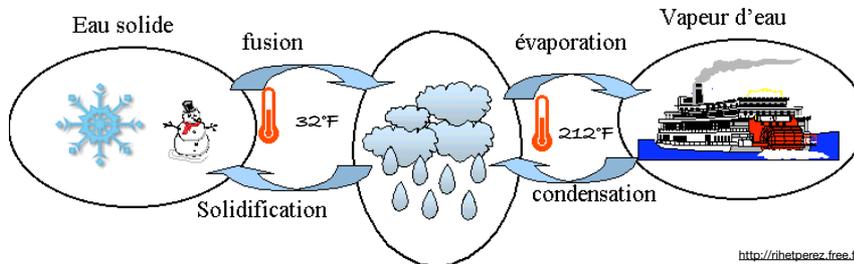


<http://rihetperez.free.fr>

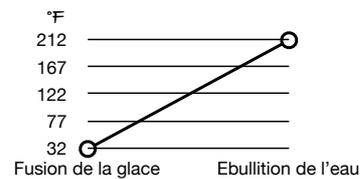
- Le Celsius θ (théta) [$^{\circ}\text{C}$]
 - 0°C = Température de fusion de la glace
 - 100°C = température d'ébullition de l'eau à pression normale (1013hPa)



Le Fahrenheit θ [$^{\circ}\text{F}$]

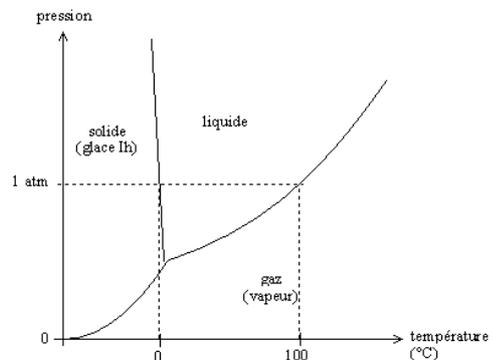


- Le Fahrenheit θ [$^{\circ}\text{F}$]
 - 32°F = Température de fusion de la glace
 - 212°F = température d'ébullition de l'eau à pression normale (1013hPa)
 - Elle attribue une plage de 180°F entre la température de solidification de l'eau et sa température d'ébullition.



Le Kelvin T [K]

- Le Kelvin T [K]
 - Zéro Absolu: 0K
 - A 0K l'agitation moléculaire est quasi nulle.
 - L'état de l'eau dépend des conditions de pression P et de température T. Il existe une situation unique (P,T) dans laquelle l'eau coexiste sous les trois formes solide, liquide, et gazeux; cette situation est appelée « point triple de l'eau », elle a lieu lorsque
 - la température vaut $273,16\text{ K}$ ($0,01^{\circ}\text{C}$);
 - la pression $611,2\text{ Pa}$.
 - $P_{\text{atm}} = 10^5\text{Pa} = 1\text{atm} \cong 1\text{bar}$



Les unités de température, anciennement les degrés Celsius, maintenant les kelvins sont définies grâce à ce point triple de l'eau.

Les conversions

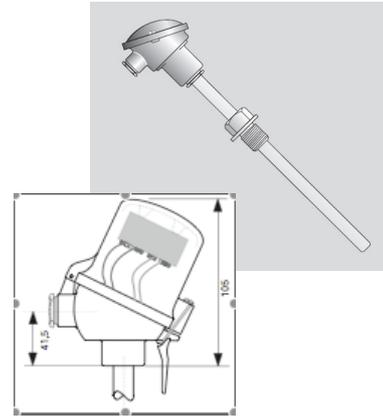
$$\frac{T_{Celsius} - 0}{100} = \frac{T_{kelvin} - 273}{100} = \frac{T_{Fahrenheit} - 32}{180}$$

Le Thermomètre

- Un thermomètre est un appareil qui sert à mesurer des températures. C'est le domaine d'étude de la **thermométrie**.
- En réalité, un thermomètre **mesure sa propre température** (celle de sa partie qui sert à faire la mesure). Cette température n'est celle du milieu ambiant que s'il y a équilibre thermique entre le thermomètre et le milieu ambiant.
- Cela signifie par exemple, que si un thermomètre est exposé au Soleil, il sera plus chaud que l'air, et que cet écart de température dépendra entièrement de sa couleur et de sa ventilation, et donc qu'une température mesurée dans ces conditions est totalement **fantaisiste** par rapport à la température de l'air. (C'est pour cela que les météorologues mesurent la température sous abri ventilé.)
- La mesure des températures peut être basée sur la dilatation des corps (solides, liquides ou gazeux), ou toute autre **propriété physique** (variations électriques dans le cas du thermocouple, couleur d'émission de lumière pour les hautes températures, etc.) en fonction de la température. Ce principe général est mis en application de façons très diverses selon les besoins (plages de températures à mesurer, nature des matériaux à étudier, etc.). Les thermomètres à liquide usuels sont les thermomètres à mercure et les thermomètres à alcool.
- Les **applications** des thermomètres sont multiples, en météorologie, en médecine, pour la régulation, dans les processus industriels, etc.

Le thermomètre à résistance

- Une résistance électrique varie avec la température. Un montage électronique affiche la température
- Plage d'utilisation courante: -100°C à 600°C



Le thermomètre à dilatation

- **Le thermomètre médical (à maxima)**
 - Lorsque la température augmente, le mercure se dilate et le niveau monte. Si la température diminue, l'étranglement empêche le mercure de descendre malgré sa contraction.
 - Il faut secouer le thermomètre pour permettre au mercure de passer l'étranglement.



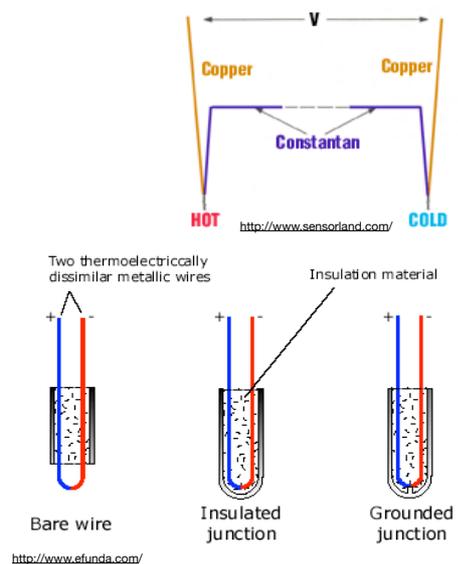
Le thermomètre à dilatation

- **Le thermomètre à minimum et maximum**
 - Permet de mesurer les températures maximales et minimales atteinte pendant un intervalle de temps donné.
 - Il a été inventé par James Six en 1782.
 - C'est un instrument couramment utilisé pour les usages domestiques, mais également en météorologie et en horticulture.
 - L'ampoule contient de l'alcool, et la tige contient une tranche de mercure.
 - Quand il fait chaud, l'alcool se dilate et repousse les limites côté vide, et quand il fait froid, le tout se contracte et repousse les limites côté ampoule.



Le thermomètre à couple thermoélectrique

- L'instrument est un thermocouple.
- On mesure la différence de potentiel entre deux fils métalliques de nature différente.
- Il est souvent utilisé dans l'industrie, car il donne un signal électrique permettant de régler un processus.
- Plage d'utilisation: -250°C à 3000°C



Le thermomètre optique

□ Le pyromètre optique

- C'est un appareil à l'aide duquel on compare la brillance du corps dont on aimerait connaître la température à celle d'un filament de tungstène chauffé.
- Utilisé dans la métallurgie, fonderies, verreries...
- Plage d'utilisation: 500°C à 3000°C



l'éclat du filament doit être plus grand que celui de l'image du corps (a), plus petit (c), ou les deux éclats doivent être égaux (b), cas dans lequel l'image du filament "disparaît" sur le fond de l'image du corps. <http://referate.physics.pub.ro>

Le thermomètre optique

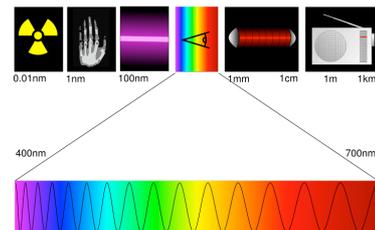
□ Le spectromètre

□ Spectre d'émission

- Mesure un spectre émis par l'objet à analyser, on parle de spectrométrie d'émission. Le **rayonnement** d'origine thermique permettant de déterminer la température de l'objet est appelé « **rayonnement du corps noir** »

□ Spectre d'absorption

- Mesure un spectre obtenu par le **passage d'une onde électromagnétique**, de la lumière en particulier, au travers d'un milieu transparent ou semi-transparent, dans lequel **l'absorption** affaiblit (voire élimine) les contributions de certaines fréquences, ce qui donne des raies caractéristiques, on parle de spectrométrie d'absorption.



Le thermomètre optique

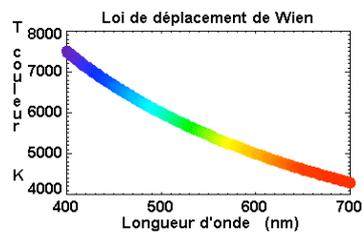
□ Le spectromètre

- La relation entre température et longueur d'onde du maximum d'émission, permet de définir une relation entre température et couleur, via la correspondance entre longueur d'onde et couleur.
- On dispose ainsi d'un thermomètre: une étoile bleue est plus chaude qu'une étoile rouge.
- Une étoile de température effective 10'000 K, qui rayonne essentiellement dans le proche UV, apparaîtra blanche, à l'œil nu, cette impression résultant de la superposition de toutes les couleurs du spectre.
- Il faut vraiment qu'une étoile soit très froide pour apparaître rougeâtre. Une étoile froide apparaît plutôt orange.



Couleurs dans Orion. Les étoiles bleues sont bien plus chaudes que les rouges. Attention, toute couleur ne se traduit pas en température : la nébuleuse d'Orion, M42, doit sa couleur rose à une raie de l'hydrogène.

<http://media4.obspm.fr>



Exemple de température

Objet	Température	Instrument de mesure
Soleil (milieu)	15'000'000°C	Calcul théorique
Soleil (surface)	5'600°C	Spectromètre
Four, Ampoule	2'500°C	Pyromètre
Flamme	1000°C 2000°C	Pyromètre
Feu de bois	800°C	Thermocouple
Température "météo" la plus élevée	58°C	Thermomètre à mercure
Température du corps humain	37°C	Thermomètre médical
Température "météo" la plus basse	-88°C	Thermomètre à alcool
Azote liquide	-196°C	Thermocouple
Hélium liquide	-269°C	Thermomètre à résistance
Zéro absolu	-273°C	Thermomètre à résistance

Le dilatation thermique des corps (linéaire)

- On peut calculer pour tous les matériaux isotropes la variation de longueur et donc de volume en fonction de la variation de température.

$$\Delta L = \alpha * L_0 * \Delta T$$

- ΔL : la variation de longueur en mètre (m);
- α : le coefficient de dilatation linéaire en 1/Kelvin (K^{-1});
- L_0 , la longueur initiale en mètre (m);
- ΔT , la variation de température en Kelvin (K) ou en Degré Celsius ($^{\circ}C$).
- Remarque : Puisque l'on utilise une variation, une différence de température, la différence d'origine entre Kelvin et degré Celsius s'annule, la distinction n'est donc pas nécessaire.
- On peut ainsi calculer la longueur L en fonction de la température T.

$$L(T) = L(T_0) + \Delta L$$

Problèmes liés à la dilatation thermique des corps

- La dilatation des solides est compensée sur les ponts par des rainures: avec les différences d'expositions au soleil et l'échauffement de l'atmosphère, un solide de plusieurs dizaines de mètres peut s'allonger de quelques centimètres. Sans l'**espace** laissé par les rainures, le pont se déformerait.
- La dilatation d'un liquide est souvent négligeable par rapport à son ébullition, mais peut expliquer certains phénomènes, notamment avec des récipients **rigides**.
- Blocage de roue. Si une roue est d'une matière différente de celle de son axe, elle pourra se bloquer à certaines température si les **tolérances** mécaniques ont été mal calculées.