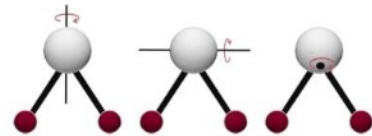
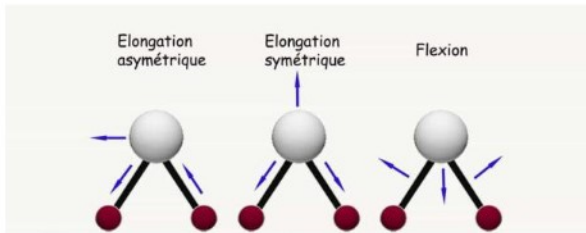


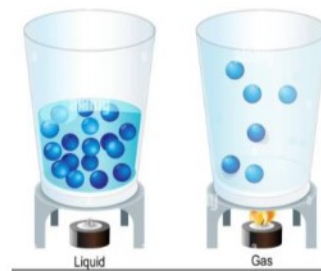
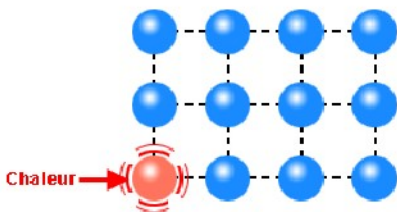
Energie.

L'énergie d'un système à pression extérieure constante est appelée **enthalpie**. Cette énergie s'exprime en Joule. L'énergie représente l'agitation de la substance (mouvements des molécules, atomes : rotation, translation, vibration) et aussi les liaisons entre les molécules et les liaisons covalentes.

Molécules d'eau possédant de l'énergie (déformations représentées par les flèches ; rotation)



Vibration des atomes dans un solide.



Déplacements des molécules ou des atomes

I- L'enthalpie H et la puissance P.

1) Premier principe de la thermodynamique.

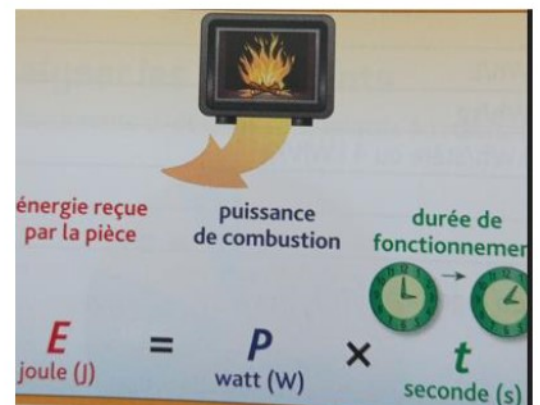
Un système peut perdre de l'enthalpie ou gagner de l'enthalpie par transferts thermiques Q et par le travail des forces autres que celle de pression W_{utile} .

La variation de l'enthalpie est donc :

$$H_{\text{finale}} - H_{\text{initiale}} = Q + W_{\text{utile}}$$

2) La puissance.

Elle caractérise la vitesse de production ou d'échange d'énergie. Elle est définie par $P = \frac{H_{\text{finale}} - H_{\text{initiale}}}{\Delta t}$ où Δt est la durée de l'échange.



Puissance	X Durée	Variation d'enthalpie	Conversion
1 W	1 h	Wh	1Wh=3,6x10 ³ J
1kW	1h	1kWh	1kWh=3,6x10 ³ kJ

3) Conservation de l'énergie.

Le système échange de l'énergie sous forme de travail ou de transferts thermiques.

Au final, l'énergie est juste échangée. Si le système perd de l'énergie alors l'extérieur gagne de l'énergie est donc l'énergie totale est conservée.

II- Accumulation de l'énergie.

1) Capacité thermique.

Les substances peuvent accumuler davantage d'énergie que d'autres. Elles ont une capacité thermique plus ou moins importante leurs capacités thermiques sont différentes.

La capacité thermique massique c dépend de la substance constituant le solide ou le liquide.

Etat	Solide				Liquide		
Substance	Fer	Aluminium	Béton	Brique	Eau	Huile	Alcool
$c(\text{J.kg}^{-1}\text{°C}^{-1})$	460	903	880	840	4180	2000	2400

Remarque : L'eau ayant une grande capacité thermique, on dit que l'eau a une grande inertie thermique.

2) Variation de l'énergie et variation de la température.

La variation d'énergie (ou d'enthalpie : $\Delta H = H_{\text{finale}} - H_{\text{initiale}}$) lors d'une variation de température (sans changement d'état ; $\Delta T = T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}}$) d'une substance de masse m est :

$\Delta H = m \cdot c \cdot \Delta T$ où c est la capacité thermique massique.

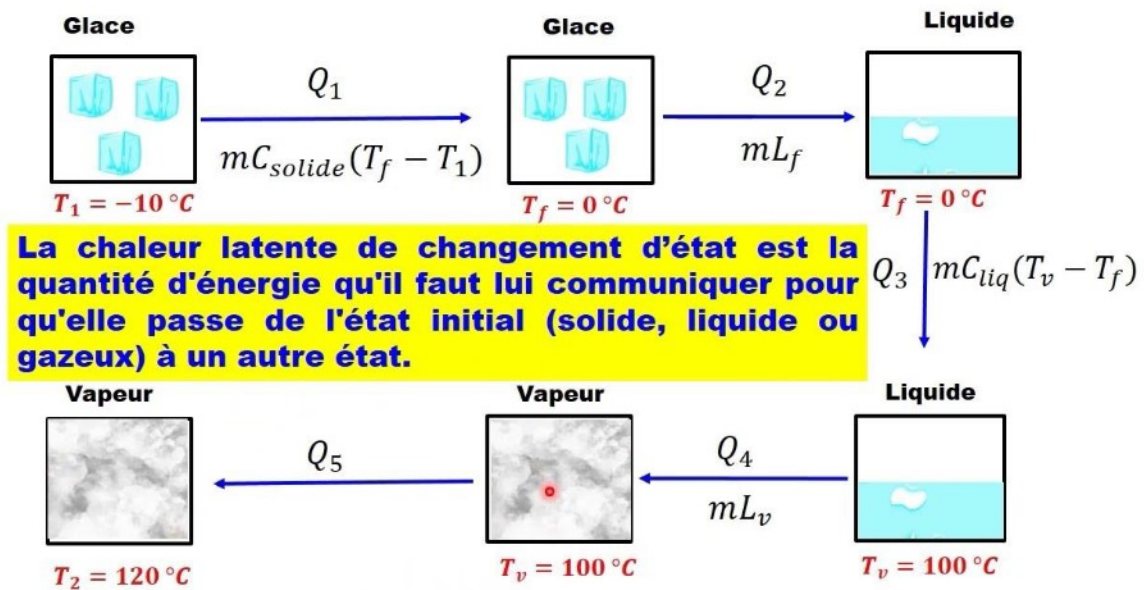
Remarques :

- L'enthalpie massique est $h = \frac{H}{m}$ donc $\Delta h = \frac{\Delta H}{m}$
- Le premier principe s'écrit toujours $\Delta H = Q + W_{\text{utile}}$ ou $\Delta h = q + w_{\text{utile}}$ avec $q = \frac{Q}{m}$ et $w_{\text{utile}} = \frac{W_{\text{utile}}}{m}$

III- Variation d'énergie lors d'un changement d'état.

1) Lors d'une fusion et d'une évaporation

On note m la masse de substance qui change d'état. Le système absorbe de l'énergie pour pouvoir fusionner ou s'évaporer. Donc $\Delta H > 0$ Joule



Lorsque que la substance est pure (eau, métal ...) le changement d'état se fait à température constante.

L_f est appelée enthalpie de changement d'état de fusion ou anciennement chaleur latente de fusion.

L_v est appelée enthalpie de changement d'état d'évaporation ou anciennement chaleur latente d'évaporation.

2) Lors d'une solidification et d'une liquéfaction

On note m la masse de substance qui change d'état. Le système perd de l'énergie pour pouvoir se solidifier ou se liquéfier. Donc $\Delta H < 0$ Joule

Lorsque que la substance est pure (eau, métal ...) le changement d'état se fait à température constante.

$L_{\text{solidification}}$ est appelée enthalpie de changement d'état de fusion ou anciennement chaleur latente de solidification. $L_{\text{fusion}} = - L_{\text{solidification}}$

$L_{\text{liquéfaction}}$ est appelée enthalpie de changement d'état de liquéfaction ou anciennement chaleur latente de liquéfaction. $L_{\text{évaporation}} = - L_{\text{liquéfaction}}$

3) Quelques valeurs.

Substance	Enthalpie de fusion kJ/kg	Température de fusion °C	Enthalpie de vaporisation kJ/kg	Température d'ébullition °C
Éthanol	108,00	-114,00	855,00	78,30
Ammoniac	332,17	-77,74	1 369,00	-33,34
Dioxyde de carbone, CO ₂	184,00	-78,50 (sublimation ⁴)	574,00	-56,70 (ébullition, à 5,1 atm ⁴)
Hélium			21,00	-268,93
Dihydrogène	58,00	-259,00	455,00	-253,00
Plomb ⁵	23,00	327,50	871,00	1 750,00
Diazote	25,70	-210,00	200,00	-196,00
Dioxygène	13,90	-219,00	213,00	-183,00
Réfrigérant R134a		-101,00	215,90	-26,60
Réfrigérant R152a		-116,00	326,50	-25,00
Toluène	72,10	-93,00	351,00	110,60
Térébenthine			293,00	
Eau	334,00	0,00	2 264,76	100,00

Données pour tous les exercices :

$$1W.h = 3600 J \text{ et } 1kW.h = 3600 kJ$$

Etat	Solide				Liquide	
Substance	Fer	Aluminium	Brique	Eau	Huile	Alcool
$c(J.kg^{-1}C^{-1})$	460	903	840	4180	2000	2400

Partie 1 : Energie et puissance

Exercice 1 : consommation des appareils électroménagers

Deux frigos ont la même efficacité.

Le frigo 1 de classe A coûte 291 euros et consomme 263kWh par année. L'autre frigo 2 de classe A+ coûte 372 euros et consomme 263kWh par année. Le prix du kWh est de 0,13euros.

- 1) Calculer le prix de reviens de chaque frigo au bout de 10ans, puis 20ans, puis 30ans.
- 2) Sachant que la durée de vie d'un frigo est en moyenne 11ans (rendement chute au-delà), dans quel frigo doit-on investir ?

Exercice 2 : Cuisson d'un poulet.

Un four-grill de puissance 1500 W (en fonctionnement grill) permet de cuire un poulet en 1h15min.

- 1) Déterminer l'énergie électrique nécessaire pour la cuisson en kWh.
- 2) Hors abonnement, le prix TTC du kWh est de 0,13 euros. Calculer le coût d'une cuisson grill.

Exercice 3 : Un tournevis électrique.

Le moteur électrique de ce tournevis consomme une puissance électrique de 285 W. La puissance utile est de 170 W.

On utilise ce tournevis pendant une durée de 60 secondes.

- 1) Quel est le travail effectué par la visseuse ?
- 2) Quel est le rendement du moteur électrique ?
- 3) Quelle chaleur dégage cette visseuse au bout de 60 seconde ?

Partie 2 : Accumulation d'énergie

Exercice 3 : consommation des appareils électroménagers

Un chauffe-eau thermiquement isolé contient 250kg d'eau à 16°C.

Calculer le transfert thermique nécessaire Q en kJ et en kWh pour amener la température de l'eau à 40°C. (Données en début du TD)

Exercice 4 : Lave-main.

Pour alimenter en eau chaude un lave-main, on utilise un chauffe-eau parfaitement isolé qui débite 2 kg d'eau par minute à la température 40°C. L'eau pénètre dans le chauffe eau à 18°C. Données en début du TD)

- Calculer la chaleur à fournir (transfert thermique) à fournir à l'eau en une minute.
- Quelle doit être la puissance fournie en kW ?

Exercice 5 : Refroidissement d'un objet en polystyrène.

Lors d'un moulage, l'objet en polystyrène se refroidit de 230°C(à l'injection) à 70 °C (juste avant le démoulage). La pièce a une masse de 0,050kg. Sa capacité thermique massique est de 1340J.kg⁻¹.°C⁻¹.

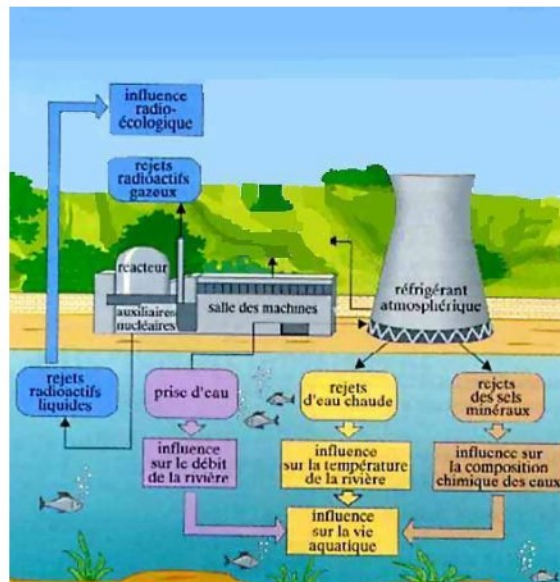
Déterminer la variation d'énergie de l'objet thermique lors du refroidissement.

Exercice 6 : Centrale électrique.

Pour une centrale électrique nucléaire, l'eau de refroidissement du réacteur rejetée dans un fleuve absorbe une puissance de 4000MW. 12 000 kg d'eau est prélevés par seconde en amont du fleuve à 10°C; 10 000kg d'eau sont rejetés par seconde dans le fleuve en aval. Et 2m³ sont évaporés dans les tours de réfrigération.



- Déterminer l'énergie en Joule fournie à l'eau de refroidissement.
- En déduire la température de l'eau rejetée.



Exercice 7 : Capteur solaire.

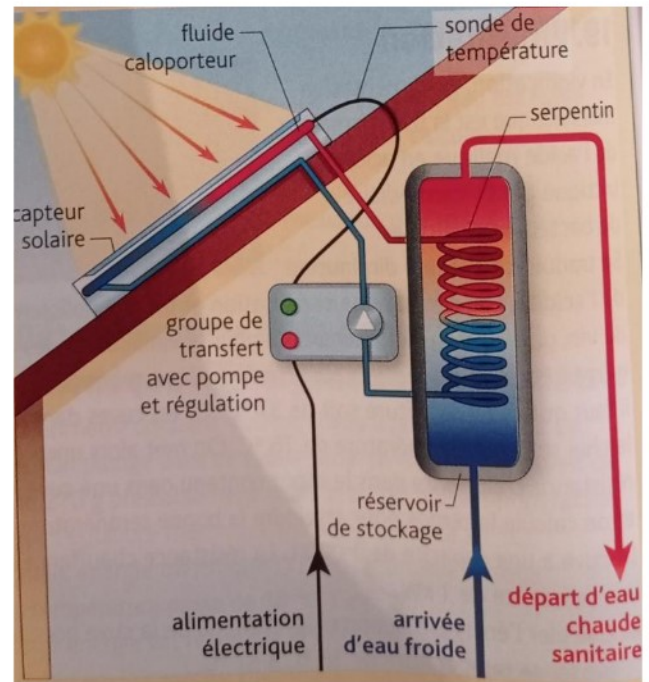
Un capteur solaire thermique comporte une plaque de verre qui piège l'énergie rayonnante du Soleil et un fluide caloporteur (généralement de l'eau avec un antigel) absorbe cette énergie. Ce fluide caloporteur reste dans un circuit fermé. Il permet de chauffer l'eau d'un réservoir.

Ce fluide caloporteur circule à un débit de 20,4 kg par heure. Pendant une heure, ce fluide entre à une température de 35,2°C au niveau du réservoir et ressort à 14,9°C du ballon.

- 1) Déterminer l'énergie fournie à l'eau par le caloporteur en une heure en Wh.
- 2) Déterminer la puissance thermique en W.

Capacité thermique du fluide caloporteur :

$$c = 4100 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$$



Exercice 8 : Détermination de la capacité thermique du béton.

On chauffe un bloc de béton de 2 kg à une température de 90°C. On le place dans un réservoir de 10 kg d'eau à 32,7°C isolée thermiquement de l'extérieur. La température de l'eau monte jusqu'à 35°C.

Déterminer la capacité thermique du béton.

Partie 3 : transfert d'énergie lors d'un changement d'état.

Exercice 9 : Fonte dans un four.

On fait fondre 4 kg de zinc à température de 419°C. On sort le zinc juste après qu'il soit fondu.

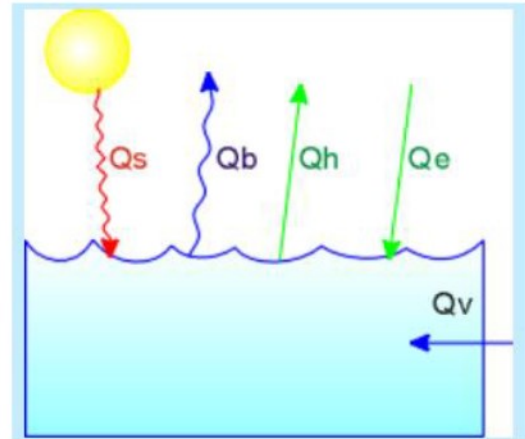
La température du zinc est au départ à 25°C.

La capacité thermique du zinc est de $380 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ et que l'enthalpie de fusion est de $102,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

- a) Calculer l'énergie nécessaire en kWh pour faire fondre 2kg de zinc.
- b) Comparer l'énergie fournie pour augmenter sa température et l'énergie fournie pour changer d'état.

Exercice 10 : Bilan thermique moyen au niveau de la surface d'un océan ;

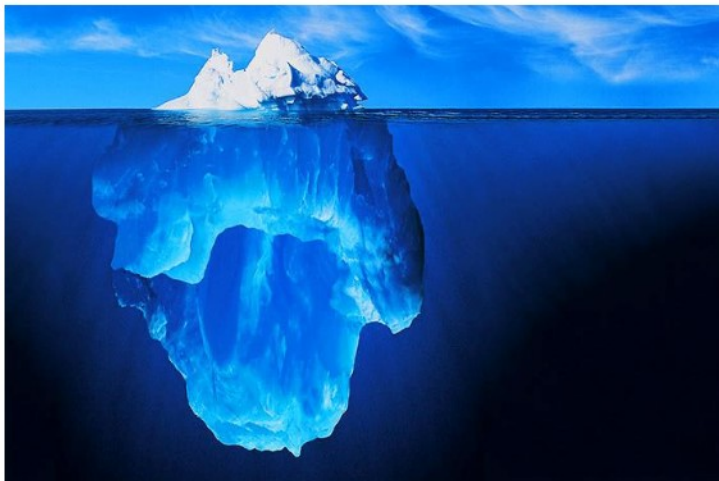
flux	Moyennes W/m ²	Variations W/m ²
Qs : flux de chaleur par rayonnement solaire	+150	80 à 200
Qb : flux de chaleur radiatif de grande longueur	-50	Faibles
Qh : flux de chaleur par conduction	-10	0 à -40
Qe : flux de chaleur par évaporation / condensation	-90	-50 à -160
Qv : flux de chaleur par transport d'eau	0	-100 à +200



La surface des océans est approximativement de $3,6 \times 10^{14} \text{m}^2$

- 1) Déterminer l'énergie moyenne absorbée par l'eau évaporée pendant 6 heures en kWh des océans.
- 2) Déterminer la masse d'eau moyenne évaporée en 6 heures sachant que l'enthalpie d'évaporation est de $2257 \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ soit $627 \text{Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$

Exercice 11 : un iceberg.



Dénomination	Hauteur émergée	Surface de flottaison	Longueur	Masse
Bourguignon ⁴ (<i>growler</i>)	< 1 m	< 20 m ²	< 5 m	< 120 t
Fragment d'iceberg (<i>bergy bit</i>)	1 m à 5 m	20 à 300 m ²	5 à 15 m	120 t à 5 400 t
Petit iceberg (<i>small</i>)	5 m à 15 m	> 300 m ²	15 à 60 m	5 400 t à 180 kt
Iceberg moyen (<i>mediumberg</i>)	15 m à 45 m	-	60 à 120 m	180 kt à 2 Mt
Gros iceberg (<i>largeberg</i>)	45 m à 75 m	-	120 à 200 m	> 2 Mt
Très gros iceberg (<i>very largeberg</i>)	> 75 m	-	> 200 m	30 Mt

L'enthalpie de fusion de la glace est de $333,5 \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. La capacité thermique massique est de $2100 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

La glace de l'iceberg est supposée être à 0°C . La température de l'eau est de $0,2^{\circ}\text{C}$ (réchauffement climatique).

- 1) Est-ce que l'iceberg absorbe ou perd de l'énergie ? Quelle est la conséquence ?
- 2) Déterminer l'énergie nécessaire pour faire fondre un iceberg de 180kt.
- 3) Calculer la puissance thermique moyenne en Watt, que l'iceberg de 180kt absorbe pour fondre sur une durée de 20 ans.