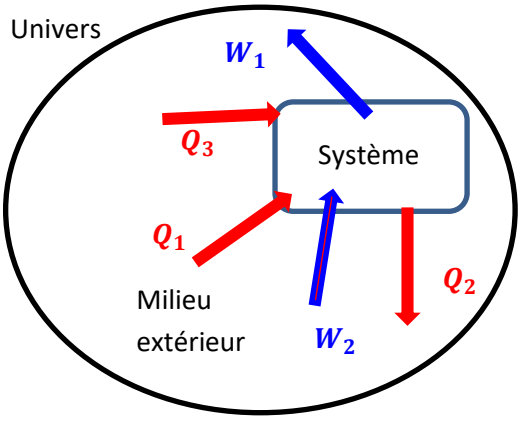
COURS DE THERMODYNAMIQUE

On peut définir la thermodynamique comme la science de tous les phénomènes qui dépendent de la température et de ses changements.

A. Principes de la thermodynamique

1. Le premier principe (ou principe de conservation de l'énergie)

Le premier principe de la thermodynamique affirme que l'énergie est toujours conservée. Autrement dit, l'énergie totale d'un système isolé reste constante.
L'énergie ne peut donc pas être produite, ni détruite, elle est donc en quantité invariable dans la nature. Elle ne peut qu'être transmise d'un système à un autre, stockée dans un système ou transformée par ce système. On ne crée pas d'énergie.



L'univers par définition est isolé et énergie interne est constante donc : $U_u = cte$ donc $\Delta U_u = 0$ J

Au sein de l'univers des transferts d'énergie peuvent exister entre un système et son milieu extérieur. Ces transferts sont de 2 types :

- le transfert par le travail d'une force (W) et,
- le transfert de chaleur (Q)

L'énergie interne de système varie et cette variation est égale à la somme des transferts d'énergie avec le milieu extérieur : $\Delta U_{sys} = W_1 + Q_3 + Q_1 + W_2 + Q_2$

- W *et* Q sont positifs si le système reçoit l'énergie du milieu extérieur,
  sens du transfert ME $\rightarrow$ S ;

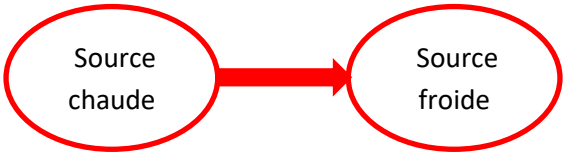
- W *et* Q sont négatif si le système fournit l'énergie au milieu extérieur,
  sens de transfert S $\rightarrow$ ME .

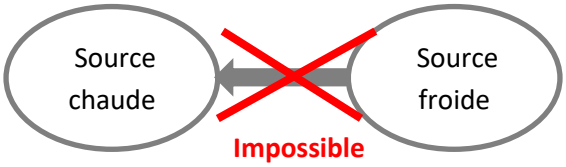
2. Second principe de la thermodynamique

Énoncer le second principe de la thermodynamique comme l'impossibilité d'un transfert thermique spontané d'une source froide vers une source chaude.

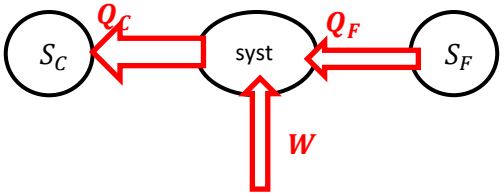
Second principe de la thermodynamique (principe du sens d'évolution d'un système) :

Les transferts thermiques se font **spontanément** de la source chaude vers la source froide (la source chaude se refroidit alors que la source froide se réchauffe).





Si on veut prélever de l'énergie à la source froide pour la fournir à la source chaude il faut que le milieu extérieur fournisse un travail (W).



3. Modèle du gaz parfait

a. Définition de la température

La température est la grandeur physique qui mesure le degré d'agitation microscopique des particules.

b. Gaz parfait

Du point de vue microscopique un gaz parfait est un gaz dont les molécules n'interagissent pas entre elles en dehors des chocs et dont la taille est négligeable par rapport à la distance intermoléculaire moyenne.

Pour un gaz parfait on établit la relation : $pV = nRT$

p, pression (bar) ; *V,* volume (m^3) ; n, quantité de matière (mol) ; *R* = 8,314 $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$, la constante des gaz parfait ; T, température (K).

c. Pression et température

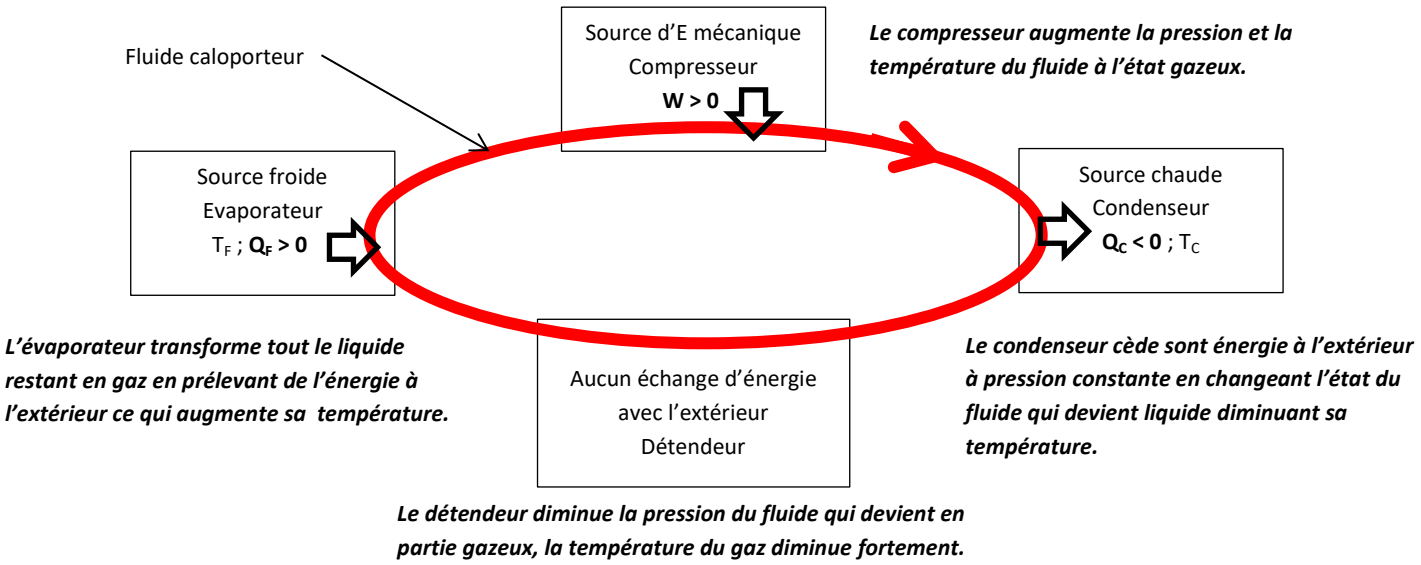
Expliquer comment une compression ou une détente augmente ou abaisse la température d'un gaz.

- Lors d'une **compression**, la pression augmente entrainant plus d'interactions entre les molécules et ainsi plus d'agitation thermique. Donc la **température est plus élevée**.
- Lors d'une **détente**, la pression diminue entrainant moins d'interactions entre les molécules et ainsi moins d'agitation thermique. Donc la **température est plus faible**.

B. Machines Thermiques

1. Principe de fonctionnement

Pour une pompe à chaleur, un climatiseur ou un réfrigérateur : décrire le principe de fonctionnement ; identifier les transferts d'énergie mis en jeu et réaliser le bilan énergétique.



Distinguer un échange d'énergie par travail et par transfert thermique.

- Les molécules de gaz sont comprimées par le compresseur grâce au travail (*W*) du piston.
- Le fluide récupère la chaleur de la source froide (Q_F) par transfert thermique (convection, conduction).
- Le fluide cède sa chaleur à la source chaude (Q_C) par transfert thermique (convection, conduction).

2. Bilan énergétique

Prérequis : Ppc1-2a crs E. interne température

Appliquer le principe de conservation de l'énergie à une machine ditherme.

La machine thermique constitue un cycle, aussi en régime permanent l'énergie interne globale reste constante, les transferts avec le milieu extérieur sont constants au cours du temps.

Donc la variation d'énergie interne d'une machine ditherme est nulle : $\Delta U = 0$ J

Le premier principe de la thermodynamique nous dit que la variation d'énergie interne est égale à l'énergie échangée avec le milieu extérieur ce qui donne la relation :

$$\Delta U = W + Q_F + Q_C = 0$$

Énoncer et exploiter, dans le cadre du second principe, la relation entre les énergies échangées par transferts thermiques et les températures des sources pour une machine ditherme.

Si une machine ditherme reçoit d'une source froide à une température T_F une énergie thermique Q_F et cède à la source chaude de température T_C une énergie thermique Q_C et que cette **machine est réversible** alors le second principe permet d'écrire la relation :

$$\frac{Q_F}{T_F} + \frac{Q_C}{T_C} = 0$$

Remarque : connaissant la température de chaque source et la chaleur transférée à l'une d'elles on peut en déduire la chaleur transférée à l'autre. Puis à l'aide du premier principe le travail théorique ($W_{théorique}$) fournit à la machine ditherme.

3. Efficacité énergétique d'une machine thermique

Définir, exprimer et calculer le rendement ou l'efficacité d'une machine thermique.

$$\eta = \left| \frac{\text{"énergie utile compte tenu de la vocation de la machine"}}{\text{"énergie couteuse"}} \right|$$

couteuse = pécuniaire c'est-à-dire l'énergie électrique fournie au compresseur (ou travail réel).

Distinguer le coefficient de performance d'une machine thermique de son efficacité thermodynamique.

Le COP est différent de l'efficacité thermodynamique car il prend en compte les pertes du système

	Coefficient de performance (COP)	Efficacité thermodynamique (e)
réfrigérateur	$\eta = \frac{Q_F}{W_{réel}}$	$e = \frac{Q_F}{W_{théorique}} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$
pompe à chaleur (PAC)	$\eta = \frac{Q_C}{W_{réel}}$	$e = \frac{Q_C}{W_{théorique}} = \frac{T_C}{T_C - T_F}$

Citer l'influence de la différence de température des deux sources sur le coefficient de performance d'une pompe à chaleur ou d'un climatiseur.

Si $T_C - T_F$ diminue alors l'efficacité e et le COP augmente