

# UECG - Histoire des Sciences

Physique

Pascal Ortéga

# Introduction

Mécanique

Thermodynamique

Electromagnétique

Optique

Physique moderne

# THERMODYNAMIQUE

C'est une science récente → XIX<sup>e</sup> siècle

(-200) Aristote → sensations de chaud et de froid

(1769) Watt → la machine à vapeur

Difficulté d'évaluer quantitativement une température

## Plan du chapitre

- Température - Thermométrie
- Température, chaleur et énergie
- Les deux principes de la thermodynamiques

## Température - Thermométrie

- **Les Grecs**

- Aristote : chaud-froid équivalent à sec-humide

- Héron (-100) fabrique un thermoscope

**THERMOSCOPE** : basé sur la dilatation de l'air qui déplace une quantité d'eau.

- pas de graduation
  - mesure des différences de températures

- **En Europe**

- Torricelli (XVII<sup>e</sup>) → Baromètre → notions de pression (l'air a un poids)

- Boyle et Mariotte (1671) → à  $T=cste$   $P=a/V$

- 1717 → thermomètre à mercure sans graduation

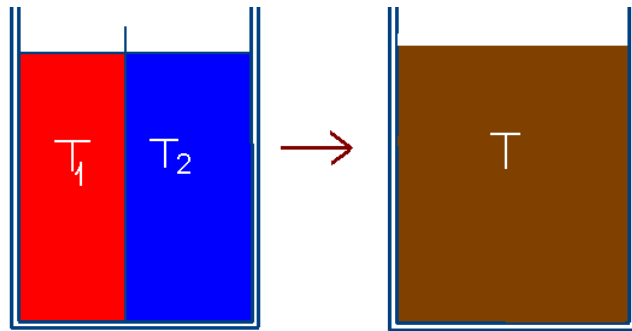
- Fahrenheit (1724)
    - fusion de la glace (32°F)
    - sang du corps humain (96°F)

- Celsius (1741)
    - point d'ébullition de l'eau (0°C)
    - fusion de la glace (100°C)
    - 100 divisions entre les deux points

## Température, chaleur et énergie

- **Joseph BLACK (XVIII<sup>ème</sup>)...**

... mélange des températures et observe ...



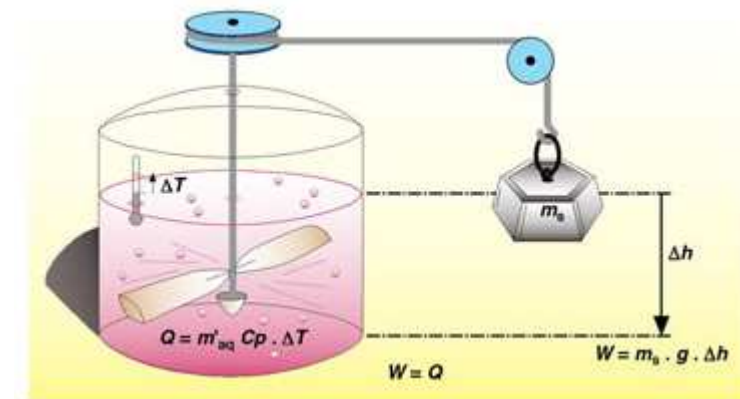
$$\begin{aligned} &\text{si } T_2 > T_1 \\ \Rightarrow &T > T_1 \text{ et } T < T_2 \end{aligned}$$

- La chaleur passe spontanément d'un corps « chaud » vers un corps « froid »
- Un corps peut recevoir de la chaleur en gardant sa température constante (1761)

- **Prescott JOULE (XIX<sup>ème</sup>)**

→ la chaleur correspond à une énergie  
(comme le travail mécanique)

→ 1 Calorie = 4.1855 Joules (1843)



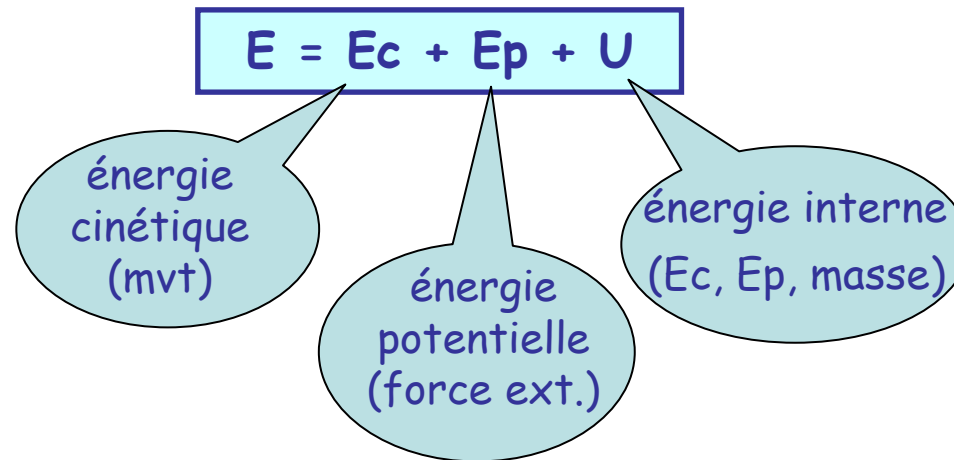
→ Le concept d'énergie n'est pas du tout établi → calorique = fluide de chaleur

## Le premier principe de la thermodynamique

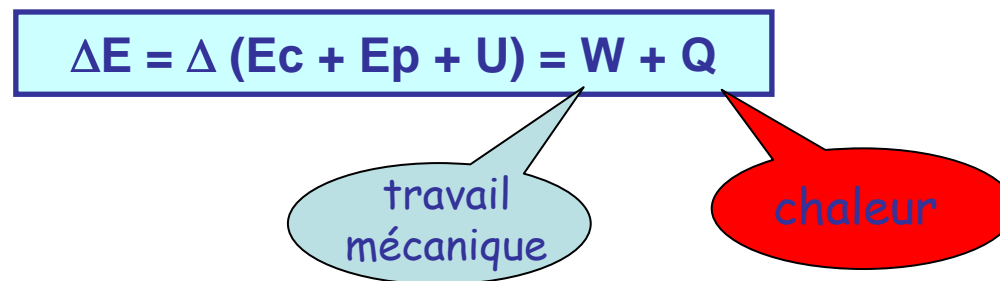
- Robert **MAYER** (médecin) (1845)

«la température du corps humain provient de la force (énergie) chimique des aliments»

«on peut associer, à un système donné, une fonction proportionnelle à la quantité de matière et qui reste constante tant que le système est isolé»



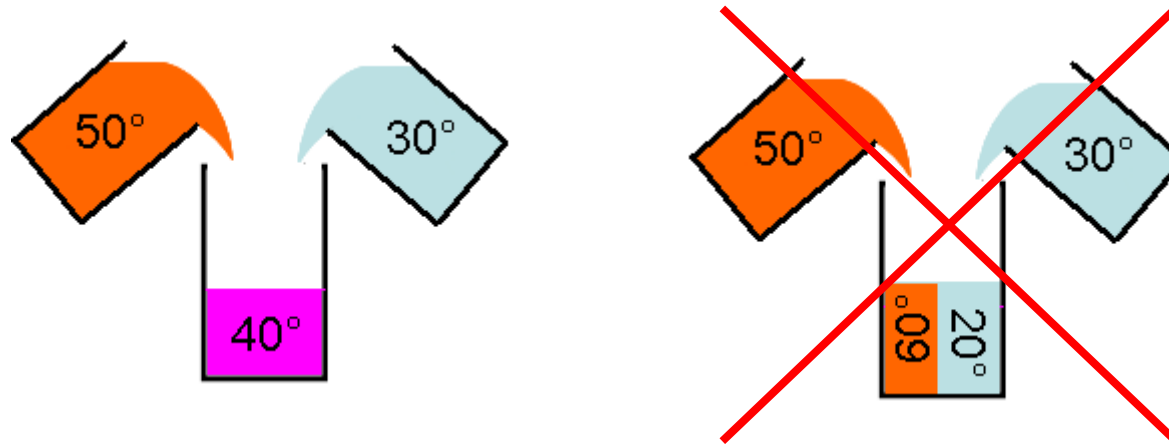
Si le système n'est pas isolé, les échanges peuvent prendre deux formes:



Traduit l'équivalence travail-chaleur et la conservation de l'énergie

## Le premier principe de la thermodynamique

**1<sup>er</sup> principe** traduit l'équivalence travail-chaaleur et la conservation de l'énergie...  
... mais il ne prévoit pas l'évolution de la température d'un système

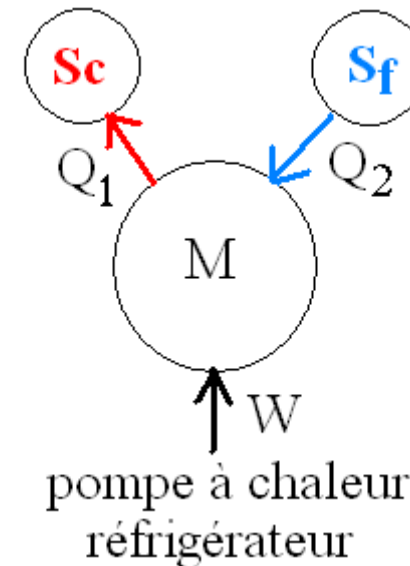
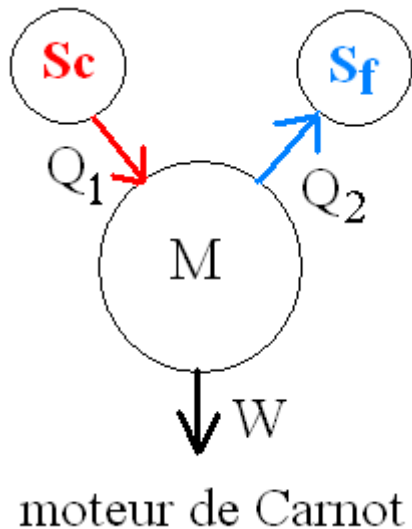


⇒ le **1<sup>er</sup> principe** n'est donc pas suffisant et ne prévoit pas toutes les évolutions...  
... un deuxième principe est donc nécessaire

## Le deuxième principe de la thermodynamique

- ° Sadi Carnot (machine à vapeur) → Emile Clapeyron et Rudolf Clausius (1842) (1852)

La machine thermique fonctionne grâce à un fluide qui subit des transformations :



le fluide **fournit**: - du travail au milieu ext.  
- de la chaleur à  $S_f$

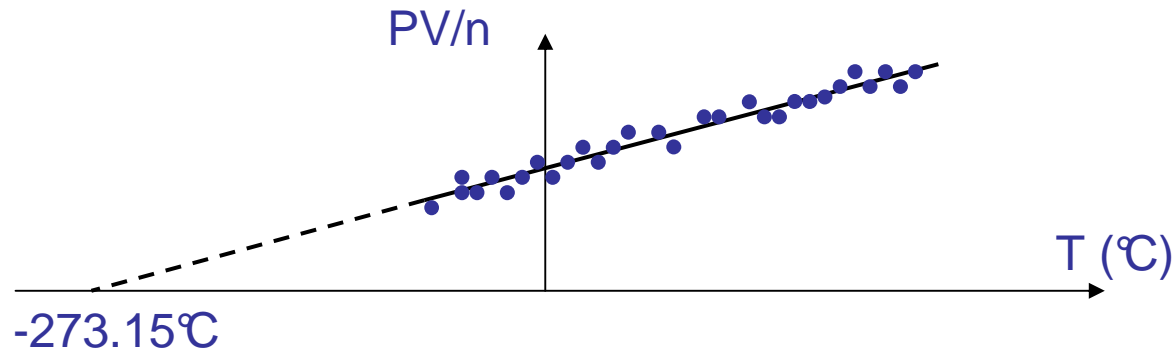
le fluide **prend**: - du travail au milieu ext.  
- de la chaleur à  $S_f$

**Clausius** « la chaleur ne passe pas spontanément d'un corps froid à un corps chaud »



## La Température absolue

- William Thomson (Lord Kelvin) étudie le rendement des moteurs
- On savait  $PV = \text{cste}$  à Température donnée



→ maintenant on observe  $PV = a.T \Rightarrow T$  est toujours positive

on s'est ensuite arrangé pour qu'un degré kelvin = un degré Celsius :

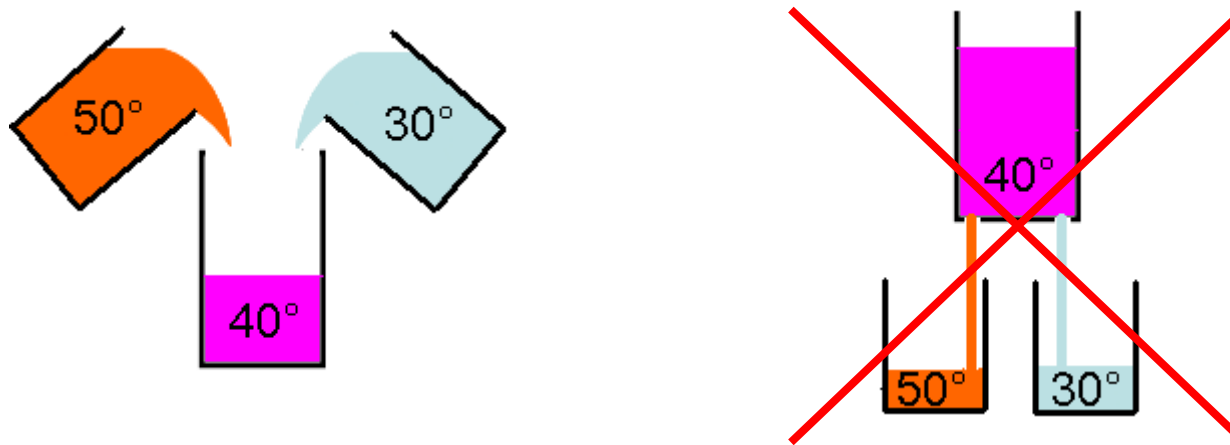
$$PV = nRT$$

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

# Irréversibilité et entropie

Rudolf CLAUSIUS - 1850

- **1<sup>er</sup> principe** : principe de conservation (de l'énergie)
- **2<sup>ème</sup> principe** : principe d'évolution → possibilité ou non d'une transformation



⇒ toute transformation réelle est irréversible

⇒ il est impossible d'inverser la flèche du temps

⇒ **CLAUSIUS** invente une fonction  $S$  « entropie » proportionnelle à la quantité de matière et qui, pour un système isolé, ne peut qu'augmenter.



Deuxième principe

## La thermodynamique statistique

Dalton, Gay-Lussac, Charles et Avogadro (XIX<sup>e</sup>)



du macroscopique (P, V et T) → microscopique (molécules et atomes)

1 litre de gaz à P = 1 atm



dizaines de millions de milliards de milliards de molécules!! ( $10^{23}$  molécules!!)



études statistiques



James Clark MAXWELL (1860) - Ludwig BOLTZMANN (1877)

Interprétation de la fonction entropie au niveau moléculaire

Max PLANCK (1901) →  $S = k \cdot \ln(\Omega)$

- k = cste de Planck
- $\Omega$  = nombre d'états microscopiques

## La thermodynamique statistique

nombre d'états microscopiques et entropie  $S = k \cdot \ln(\Omega)$

Etat 1

	A B C D
--	---------

1 micro-état ( $\Omega=1$ )

Etat 2

A	B C D	B	A C D	C	A B D	D	A B C
---	-------	---	-------	---	-------	---	-------

4 micro-états ( $\Omega=4$ )

Etat 3

A B	C D	A C	B D	A D	B C
B C	A D	B D	A C	C D	A B

6 micro-états ( $\Omega=6$ )

Etat 4

B C D	A	A C D	B	A B D	C	A B C	D
-------	---	-------	---	-------	---	-------	---

4 micro-états ( $\Omega=4$ )

Etat 5

A B C D	
---------	--

1 micro-état ( $\Omega=1$ )

c'est l'Etat n°3 qui a le plus de chance d'exister  
( $S$  max = plus grand désordre)

**équilibre ↔ désordre**