

# Expression différentielle des principes thermodynamiques

## Premier principe

Il existe une fonction d'état, appelée **énergie interne**  $U$  (en J), extensive, dont la variation au cours d'une **transformation finie** pour un **système fermé** est :

$$\Delta U + \Delta E_c = W + Q$$

avec : -  $W$  : somme des travaux des actions extérieures reçue par le système en J  
 -  $Q$  : transfert thermique reçu par le système de l'extérieur en J  
 -  $E_c$  : énergie cinétique macroscopique en J

Le premier principe de la thermodynamique lors d'une transformation infinitésimale d'un **système fermé** s'écrit :

$$dU + dE_c = \delta W + \delta Q$$

$dU$  : **variation élémentaire** ou infinitésimale de l'énergie interne, entre deux états A et B :  $\Delta U = U_B - U_A = \int_A^B dU$

$\delta Q$  : **quantité élémentaire** ou infinitésimale de transfert thermique, entre deux états A et B :  $Q = \int_A^B \delta Q$

## Deuxième principe

Il existe une fonction d'état, appelée **entropie**  $S$  (en J.K<sup>-1</sup>), extensive, dont la variation au cours d'une transformation finie pour un **système fermé**, est :

$$\Delta S = S_{ech} + S_{créé}$$

avec : -  $S_{ech}$  : l'entropie échangée avec l'extérieur en J.K<sup>-1</sup>  
 -  $S_{créé}$  : l'entropie créée en J.K<sup>-1</sup>

Le deuxième principe de la thermodynamique lors d'une transformation infinitésimale d'un **système fermé** s'écrit :

$$dS = \delta S_{ech} + \delta S_{créé}$$

$\delta S_{ech} = \sum_i \frac{\delta Q_i}{T_i}$  : entropie élémentaire échangée

## Capacités thermiques

**Capacité thermique à volume constant**,  $C_V$  (en J.K<sup>-1</sup>):

L'énergie interne d'un **gaz parfait** ne dépend que de la température.  
 Première loi de Joule :

**Capacité thermique à pression constante**,  $C_P$  (en J.K<sup>-1</sup>) :

L'enthalpie d'un **gaz parfait** ne dépend que de la température.  
 Seconde loi de Joule :

$$C_V = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$$

$$dU = C_V dT$$

$$C_P = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_P$$

$$dH = C_P dT$$

## Identités thermodynamiques

### Première identité thermodynamique

$$dU = TdS - PdV$$

Température et pression thermodynamiques d'un système à l'équilibre :

**Transformation isentropique d'un gaz parfait**

Lois de Laplace :

### Deuxième identité thermodynamique

$$dH = TdS + VdP$$

$$T = \left( \frac{\partial U}{\partial S} \right)_V \quad \text{et} \quad P = - \left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_S$$

$$PV^\gamma = cte \quad \text{ou} \quad T^\gamma P^{1-\gamma} = cte \quad \text{ou} \quad TV^{\gamma-1} = cte$$