

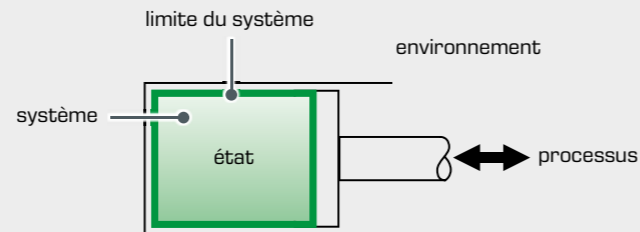
## Connaissances de base

## Grandeurs d'état thermodynamiques

## Grandeurs et fonctions d'état thermodynamiques

Les grandeurs d'état sont les propriétés mesurables d'un système. Pour décrire l'état d'un système, il faut indiquer au moins deux grandeurs d'état indépendantes telles que:

- la pression ( $p$ )
- la température ( $T$ )
- le volume ( $V$ )
- la quantité de matière ( $n$ )

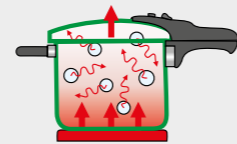


## Les variables d'état permettent de déduire les fonctions d'état:

- **énergie interne (U)**: l'énergie thermique du système fermé au repos. Au cours des processus, l'énergie apportée de l'extérieur entraîne une modification de l'énergie intérieure.

$$\Delta U = Q + W$$

- ▶  $Q$ : énergie thermique apportée au système
- ▶  $W$ : travail mécanique exercé sur le système, ce qui entraîne un apport de chaleur



Une augmentation de l'énergie interne du système en utilisant un autocuiseur, par exemple.

- **enthalpie (H)**: définie comme étant la somme de l'énergie interne et du travail de déplacement  $p \times V$

$$dS = \delta Q_{rev}/T$$

- **entropie (S)**: renseigne sur l'ordre d'un système et sur les possibilités afférentes de disposition des particules dans le système

La modification de l'entropie  $dS$  est appelée chaleur réduite.

$$dS = \delta Q_{rev}/T$$

- ▶  $\delta Q_{rev}$ : modification réversible de la chaleur
- ▶  $T$ : température absolue



Moteur à vapeur

Lorsque la machine à vapeur a été mise au point il y a plus de 200 ans, les physiciens se sont demandé pourquoi seul un faible pourcentage de l'énergie thermique était converti en énergie mécanique. Le terme entropie a été introduit par Rudolf Clausius pour expliquer pourquoi le rendement des machines thermiques est limité à quelques pourcents. Les machines thermiques transforment un différentiel thermique en travail mécanique. Parmi les machines thermiques, on peut citer par exemple la machine à vapeur, la turbine à vapeur ou le moteur à combustion interne.



Moteur V6 d'une voiture de course



Roue d'une turbine à vapeur à l'état démonté

## Transformation d'état des gaz

En physique, on a introduit un modèle idéalisé d'un gaz réel, afin de pouvoir expliquer plus simplement les processus des gaz. Ce modèle représente une simplification importante des états réels, et est désigné sous le terme de gaz idéal. De nombreux processus thermodynamiques des gaz en particulier peuvent être expliqués et décrits mathématiquement à l'aide de ce modèle.

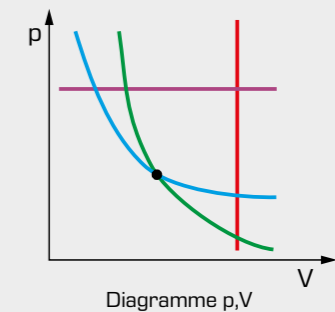
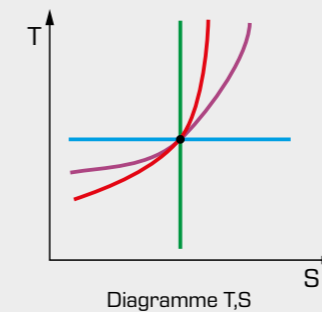
Équation d'état pour les gaz idéaux:

$$p \times V = m \times R_s \times T$$

- ▶  $m$ : masse
- ▶  $R_s$ : constante spécifique du gaz concerné

## Transformations d'état d'un gaz idéal

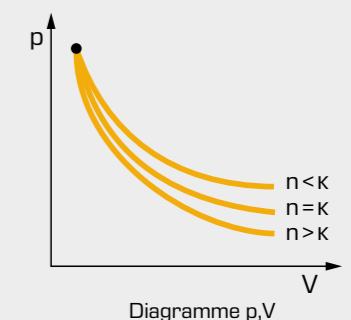
Transformation d'état	isochore	isobare	isotherme	isentropique
Condition	$V = \text{constante}$	$p = \text{constante}$	$T = \text{constante}$	$S = \text{constante}$
Conséquence	$dV = 0$	$dp = 0$	$dT = 0$	$dS = 0$
Loi	$p/T = \text{constante}$	$V/T = \text{constante}$	$p \times V = \text{constante}$	$p \times V^k = \text{constante}$ $k = \text{exposant isentropique}$



On peut représenter avec clarté les transformations d'état dans des diagrammes.

## Transformations d'état dans des conditions réelles

Transformation d'état	polytropique
Condition	processus technique dans des conditions réelles
Conséquence	échange de chaleur avec l'environnement
Loi	$p \times V^n = \text{constante}$ $n = \text{exposant polytropique}$



Les transformations d'état susmentionnées sont des cas particuliers de transformation d'état **polytropique**, dans lesquels une partie de la chaleur est échangée avec l'environnement.

- isochore**  $n \rightarrow \infty$
- isobare**  $n = 0$
- isotherme**  $n = 1$
- isentropique**  $n = k$

Transformations d'état polytropiques avec différents échanges de chaleur:  
 $n < k$  émission de chaleur,  
 $n > k$  absorption de chaleur