

# La description d'un système thermodynamique : le modè...

Cours

## Sommaire

### I La description macroscopique d'un système thermodynamique

- A Définition d'un système thermodynamique
- B Les grandeurs mesurées d'un système thermodynamique

### II Le modèle du gaz parfait

- A La notion de gaz parfait
- B L'équation d'état du gaz parfait

## I La description macroscopique d'un système thermodynamique

Pour définir un système thermodynamique à l'échelle macroscopique, on utilise la température, la pression et la masse volumique. Ces grandeurs sont liées aux propriétés du système à l'échelle microscopique.

### A Définition d'un système thermodynamique

Un système thermodynamique est un ensemble composé de  $N$  particules microscopiques délimité par des frontières. Tout ce qui n'appartient pas au système constitue le milieu extérieur.

#### DÉFINITION

#### Système thermodynamique

Un système thermodynamique est un ensemble composé de  $N$  particules microscopiques, que l'on distingue du milieu extérieur dans le but d'étudier, le plus souvent, des échanges d'énergie.

#### EXEMPLE

Le système est le corps ou l'ensemble de corps que l'on étudie.

### B Les grandeurs mesurées d'un système thermodynamique

La masse volumique, la pression et la température sont des grandeurs macroscopiques accessibles à la mesure. Elles rendent compte de l'état microscopique d'un système.

Il est impossible de décrire l'état d'un système thermodynamique à l'échelle microscopique car il faudrait indiquer, à chaque instant, la position et la vitesse de chacune des particules qui le constituent. Néanmoins, quelques paramètres permettent de décrire convenablement l'état d'un fluide, à notre échelle, macroscopique.

## PROPRIÉTÉ

À notre échelle macroscopique, la pression, la température et la masse volumique permettent de décrire l'état d'un système thermodynamique car ces grandeurs sont liées à ses propriétés microscopiques. On appelle ces grandeurs des « variables d'état ».

Variable d'état	Unité légale	Unité couramment utilisée	Interprétation microscopique
<b>Masse volumique</b> $\rho$	Le kilogramme par mètre cube ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	Le $\text{kg.L}^{-1}$ et le $\text{g.L}^{-1}$ $1 \text{ kg.L}^{-1} = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ $1 \text{ g.L}^{-1} = 1 \text{ kg.m}^{-3}$	Quantifie la masse de fluide contenu dans un certain volume
<b>Pression</b> $p$	Le pascal ( $\text{Pa}$ )	Le bar ( $\text{bar}$ ) $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$	Quantifie le nombre de chocs des particules sur les parois, et donc l'espace libre autour d'elles
<b>Température</b> $T$	Le kelvin ( $\text{K}$ )	Le degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )	Quantifie l'agitation thermique des particules

### EXEMPLE

Au niveau de la mer (altitude 0 m) et en conditions climatiques standard, l'air atmosphérique est caractérisé par :

- sa température moyenne :  $T = 15^{\circ}\text{C}$  ;
- sa pression atmosphérique :  $p_{\text{atm}} = 1\,013 \text{ hPa}$  ;
- sa masse volumique :  $\rho = 1,3 \text{ g.L}^{-1}$ .

## PROPRIÉTÉ

Chaque variable d'état peut être mesurée à l'aide de l'instrument adapté :

- une balance et une éprouvette graduée pour la masse volumique ;
- un manomètre pour la pression ;
- un thermomètre pour la température.

## II Le modèle du gaz parfait

Dans le modèle du gaz parfait, en dehors des chocs qui surviennent lorsque des molécules se rencontrent, les molécules n'interagissent pas entre elles. L'équation d'état du gaz parfait relie la pression du gaz à son volume, sa quantité de matière et sa température.

## A La notion de gaz parfait

Le modèle du gaz parfait est valide si la pression du gaz n'est pas trop élevée. Dans ce modèle, on néglige les interactions qui peuvent exister entre les molécules.

### DÉFINITION

#### Modèle du gaz parfait

Le **modèle du gaz parfait** permet de décrire le comportement de n'importe quel gaz à condition que l'on puisse négliger les interactions qui peuvent exister entre les molécules.

### EXEMPLE

À basse pression, tous les gaz peuvent être modélisés par un gaz parfait.

### PROPRIÉTÉ

Comme tout modèle, celui du gaz parfait a des limites. Ainsi, pour qu'il décrive correctement le comportement d'un gaz, il faut que :

- la pression soit assez faible, afin que la distance entre les molécules soit suffisamment grande pour qu'on puisse considérer qu'elles n'interagissent pas entre elles ;
- la température ne soit pas trop faible, car sinon on ne peut plus négliger l'énergie potentielle d'interaction des molécules devant leur énergie cinétique.

### EXEMPLE

Lorsque la pression n'est pas assez faible ou que la température est trop basse, le modèle du gaz parfait n'est plus valide. Il faut alors notamment prendre en compte le volume occupé par les molécules et les interactions qui existent entre elles.

## B L'équation d'état du gaz parfait

L'équation d'état du gaz parfait relie sa pression, son volume, sa quantité de matière et sa température.

### FORMULE

#### Équation d'état du gaz parfait

L'équation d'état du gaz parfait relie la pression, le volume et la quantité de matière d'un gaz parfait (ces grandeurs étant exprimées dans leurs unités légales) :

$$p_{(\text{Pa})} \times V_{(\text{m}^3)} = n_{(\text{mol})} \times R_{(\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1})} \times T_{(\text{K})}$$

Où  $R$  est la constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

### EXEMPLE

Le volume occupé par 2,0 mol de gaz à pression et température ambiantes (1 013 hPa et 20 °C) est  $V = 48 \text{ L}$ .

En effet, l'équation d'état du gaz parfait étant :

$$p_{(\text{Pa})} \times V_{(\text{m}^3)} = n_{(\text{mol})} \times R_{(\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1})} \times T_{(\text{K})}$$

Le volume occupé par un gaz est :

$$V_{(\text{m}^3)} = \frac{n_{(\text{mol})} \times R_{(\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1})} \times T_{(\text{K})}}{p_{(\text{Pa})}}$$

Il est nécessaire de convertir la pression et la température :

- $p = 1\,013 \text{ hPa} = 1\,013 \times 10^2 \text{ Pa}$
- $T = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 20 + 273,15 \text{ K} = 293 \text{ K}$

D'où :

$$V = \frac{2,0 \times 8,314 \times 293}{1\,013 \times 10^2}$$

$$V = 4,8 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$