



**Théorie cinétique des gaz.  
Notions de température et de  
pression.  
Mesures de température et de  
pression.**

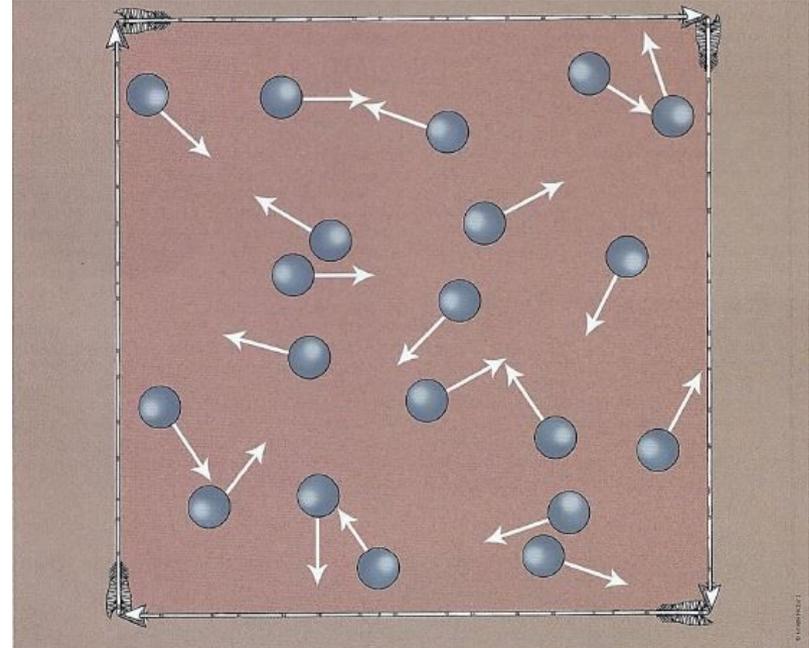


## Pré-requis

- Mécanique : principe d'inertie, principe fondamental de la dynamique, quantité de mouvement, choc élastique, statique des fluides
- Thermodynamique : gaz parfaits (hypothèses, équation d'état), diagramme d'Amagat, énergie interne, développement du Viriel
- Thermodynamique statistique : théorème d'équipartition de l'énergie, distribution de Maxwell
- Statistiques : distributions, calcul de moyennes

# Introduction

- Limites du modèle du gaz parfait
- Théorie cinétique des gaz = modèle microscopique
- Interprétation de la température et de la pression dans un gaz



<https://www.les-sciences.fr/chimie/la-theorie-cinetique-des-gaz/>

## I. A) Distribution de Maxwell

Soit  $f(\vec{v})d\vec{v}$  le nombre de particules par unité de volume dont la vitesse est comprise entre  $\vec{v}$  et  $\vec{v} + d\vec{v}$ .

La distribution de Maxwell est :

$$f(\vec{v})d\vec{v} = \rho \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right)d\vec{v}$$

avec  $\rho = \frac{N}{V}$  la densité particulaire du gaz

$f(\vec{v})$  la fonction de distribution de vitesses

## I. A) Distribution de Maxwell



Soit  $g(v)dv$  le nombre de particules par unité de volume dont le module de la vitesse est compris entre  $v$  et  $v+dv$ .

$$g(v) = 4\pi v^2 f(\vec{v})$$

$$g(v)dv = 4\pi\rho \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} v^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right)dv$$



## I. B) Vitesse moyenne, vitesse quadratique

---

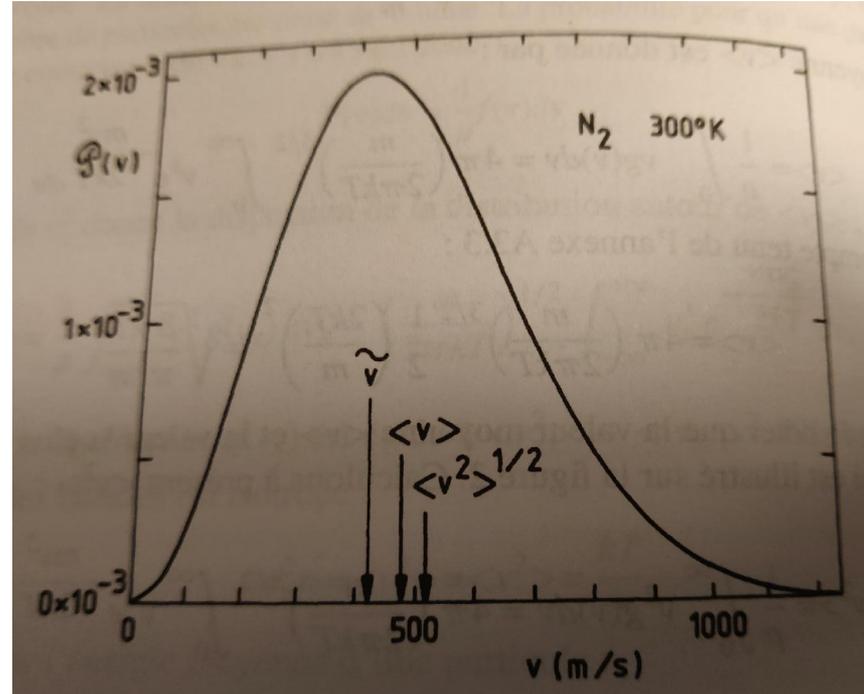
Intégrales utiles :

$$\int_0^{+\infty} x^3 e^{-\alpha x^2} dx = \frac{1}{2\alpha^2}$$

$$\int_0^{+\infty} x^4 e^{-\alpha x^2} dx = \frac{3}{8\alpha^2} \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}}$$



## I. B) Vitesse moyenne, vitesse quadratique



[Physique statistique, Christian Ngô, Hélène Ngô, p. 148]



## II. B) Thermomètres à gaz

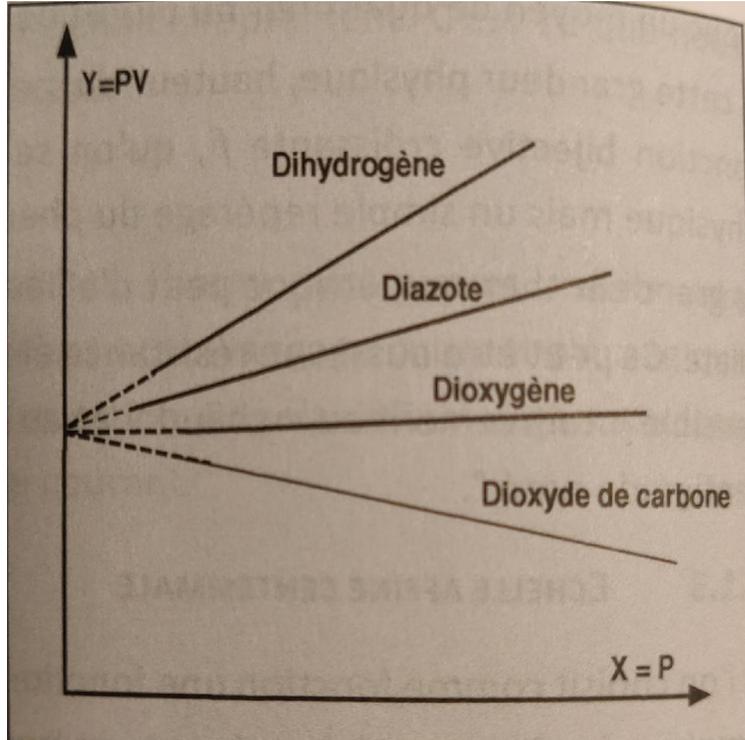


Diagramme d'Amagat

[La thermodynamique en prépa et à l'agrégation, Thierry Meyer, p. 30]

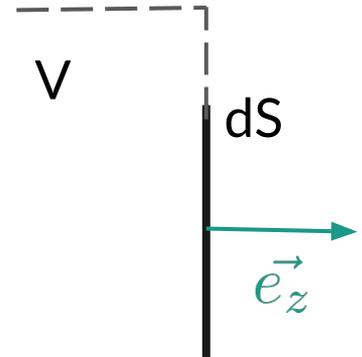


## III. A) Pression cinétique

Soit un gaz parfait classique, homogène, enfermé dans un récipient de volume  $V$ .

Objectif : calculer la pression s'exerçant sur les parois du récipient

Système étudié = élément de surface  $dS$  de la paroi du récipient



### III. A) Pression cinétique

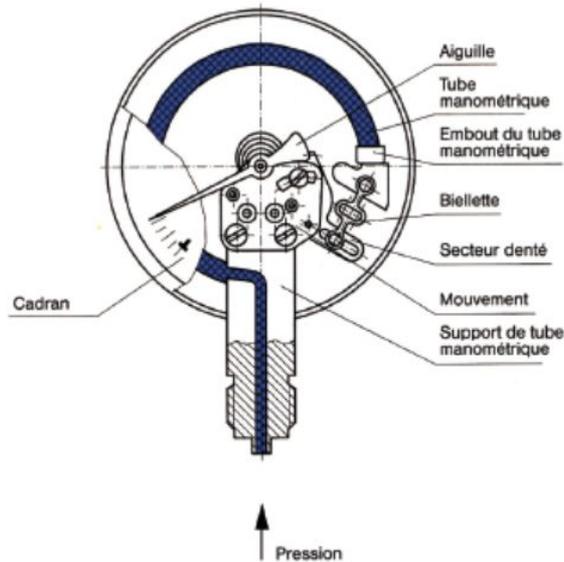


#### Méthode

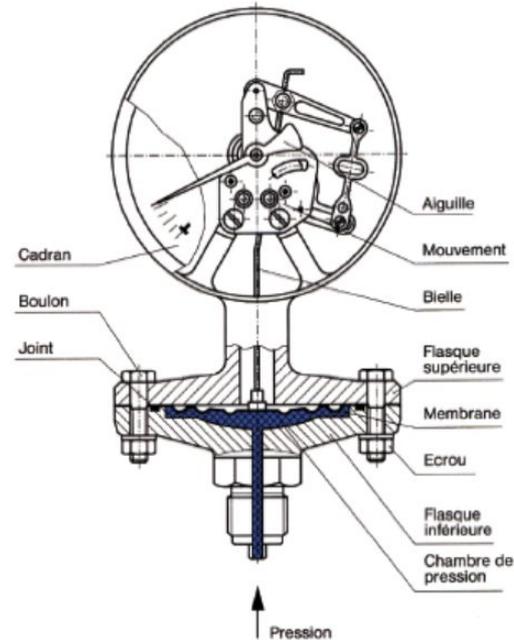
- 1) Écrire le PFD pour l'élément  $dS$  et faire apparaître l'impulsion transférée par le choc des particules
- 2) Calculer l'impulsion transférée par une particule à la paroi
- 3) Calculer l'impulsion transférée par toutes les particules dont la vitesse est comprise entre  $\vec{v}$  et  $\vec{v}+d\vec{v}$  (en faisant apparaître le cylindre qui comprend ces particules)
- 4) Calculer l'impulsion totale en intégrant sur l'ensemble des particules qui arrivent sur la paroi
- 5) Calculer la pression en reprenant le PFD



### III. B) Manomètres



**Manomètre à tube de bourdon**



**Manomètre à membrane**



# Conclusion

---

- Interprétation microscopique de la température et de la pression
- Prise en compte de l'interaction entre les molécules
  - pression dynamique
  - équation de Van der Waals :

$$\left( P + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$



## Choix pédagogiques



### Messages importants :

- intérêt de la théorie cinétique des gaz : mieux comprendre l'origine physique des phénomènes
- interprétation microscopique de la température et de la pression dans les fluides

### Difficultés attendues :

- comprendre le sens physique des distributions de vitesses
- manipuler les fonctions de distribution
- calcul de la pression cinétique

