

Chapitre 1 : Notions de pression et de température

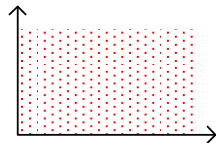
I Introduction

A) Les différents états de la matière

1) Etat solide

Les constituants microscopiques ont position bien déterminée, avec éventuellement des oscillations autour de cette position (~nm)

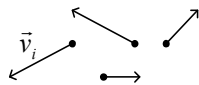
- Solide cristallin : (métaux, sels, cristaux covalents ou moléculaires)
La répartition est périodique



- Solide amorphe : pas de périodicité (dû principalement à un refroidissement brusque)
Exemple : le verre

2) Etat fluide

Positions et vitesses désordonnées :



On définit la vitesse quadratique moyenne v^* telle que :
 $\bar{v}^{*2} = \langle \bar{v}_i^2 \rangle_i$. v^* est de l'ordre de 10^2m.s^{-1} .

On distingue des subdivisions de cette phase fluide :

- Liquide
- Gaz

On peut passer continûment d'un de ces états à l'autre.

3) Etats mésomorphes

Intermédiaire entre liquide et solide (cristaux liquides par exemple)

4) Plasma

Exemple : flamme ou étoile

Atomes ionisés (noyaux atomiques seuls) et électrons en interaction électromagnétique.

5) Matière nucléaire

Protons + neutrons + électrons
(Au centre d'une étoile)

B) Différents niveaux d'étude de la matière

1) Niveau microscopique

On cherche à déterminer à un instant t la position, la vitesse, l'orientation, la rotation... de tout les éléments présents (problème si $N \sim N_a = 6,0 \cdot 10^{23} \rightarrow$ projet irréalisable)

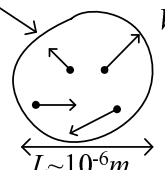
2) Niveau macroscopique

Système décrit par ses paramètres d'états/variables d'état pression, température, masse volumique... dépendent du temps et du système.

3) Niveau mésoscopique

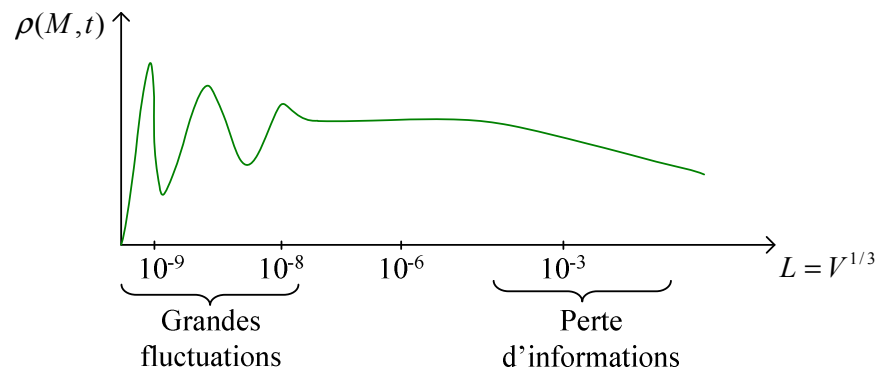
Echelle intermédiaire entre les deux autres niveaux (entre 10^{-3} et 10^{-9} m) permet de définir les paramètres d'état comme moyennes statistiques des propriétés des constituants microscopiques.

Ex : définition de $\rho_{\text{masse}}(M, t)$, densité volumique de masse au point M à t .


$$\rho(M, t) = \frac{\sum_{i \in V} m_i}{V}$$

$V \gg L_{\text{microscopique}}$, donc largement indépendant des fluctuations statistiques du nombre de molécules.

$V \ll L_{\text{macroscopique}}$, donc conserve son caractère local.



C) La thermodynamique

1) Thermodynamique classique

- Deux principes : 1) conservation de l'énergie d'un système isolé
2) évolution spontanée d'un système vers un état plus désordonné.

Application dans des domaines très variés de la physique (propriétés électriques, magnétiques thermoélastiques de la matière, transition de phase, équilibre thermique...)

2) Thermodynamique statistique ou microscopique

Modèle microscopique de la matière, donne accès aux paramètres d'état et aux relations entre eux. Exemple : pression cinétique du gaz parfait.

II Pression dans un fluide parfait

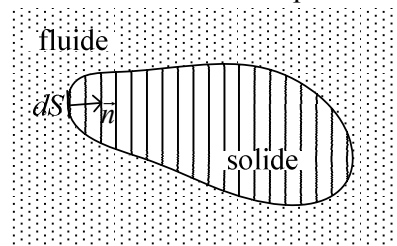
A) Définitions

Un fluide parfait est un fluide non visqueux. La viscosité est liée à la résistance opposée par le fluide au mouvement d'un objet à l'intérieur.

$$\vec{F}_{\text{frottement fluide}} = -\lambda \frac{\vec{v}}{\|\vec{v}\|}, \text{ où } \lambda \text{ est proportionnel à la viscosité du fluide, et dépend}$$

aussi de la surface de contact, de la forme de l'objet, de sa vitesse... (Ici, $\lambda = 0$). Le modèle du fluide parfait est une assez bonne approximation pour de nombreux fluides.

Pression dans un fluide parfait :



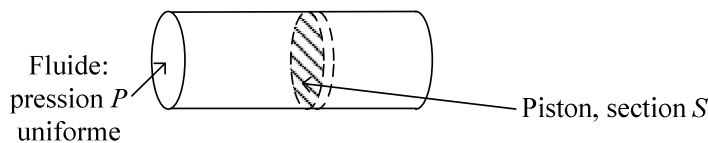
Élément infinitésimal dS de la surface du solide plongé dans le fluide. Le fluide exerce sur cet élément dS une force :

De même direction et sens que \vec{n} (perpendiculaire à dS)

D'intensité proportionnelle à dS

$d\vec{F} = P \times dS \cdot \vec{n}$, où $d\vec{F}$ est la force de pression du fluide sur dS , P est la pression du fluide au niveau de l'élément dS du fluide et ne dépend que du point M considéré.

Exemple :



$$\vec{F}_{\text{fluide/piston}} = \iint_S P \times dS \cdot \vec{n} = P \cdot \vec{n} \iint_S dS = P \cdot S \cdot \vec{n}$$

B) Unités

$$[P] = \frac{[\vec{F}]}{[S]} = \text{N.m}^{-2} (= \text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2})$$

Autres unités :

$$1\text{Pa} = 1\text{N.m}^{-1}$$

$$1\text{bar} = 10^5 \text{Pa}$$

$$1\text{Atm} = 101325\text{Pa} (\neq \text{U.S.I})$$

$$1\text{Torr} = 133,32\text{Pa}(= 1\text{mmHg}) \quad (1\text{Atm} = 760\text{mmHg})$$

III Température et thermomètres

A) Chaleur et température

Chaleur : énergie particulière (thermique ou calorifique) échangée entre deux systèmes (ou entre un système et le milieu extérieur). S'il y a possibilité d'échange entre deux systèmes, on dit qu'ils sont en contact thermique.

Température : paramètre d'état du système ("mesure" de l'énergie cinétique moyenne des constituants microscopiques)

Relation entre chaleur et température :

$$Q = k \times (T_1 - T_2). \quad Q \text{ échange du milieu 1 vers 2 } (k > 0).$$

k dépend de la surface de contact entre 1 et 2, et de la qualité du contact thermique entre 1 et 2. À l'équilibre thermique, $T_1 = T_2$.

B) Thermomètre et température

Thermomètre : système dont un paramètre d'état dépend de la température.

Exemples :

- hauteur de mercure dans un cylindre $h(T)$
- longueur d'une règle métallique $l(T)$
- résistance d'un conducteur ohmique $R(T)$...

Température d'un thermomètre (A) :

$$t_{(A)} = f(h) \text{ (ex : thermomètre à mercure)}$$

$$= 0^\circ\text{C} \text{ pour mélange eau - glace sous } P = 1\text{Atm}$$

$$= 100^\circ\text{C} \text{ pour mélange eau liquide - eau vapeur sous } P = 1\text{Atm}$$

On choisit (interpolation affine) :

$$t_{(A)} = \alpha \times h + \beta \quad \left\{ \begin{array}{l} 0 = \alpha \times h_0 + \beta \\ 100 = \alpha \times h_{100} + \beta \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \alpha = \frac{100}{h_{100} - h_0} \\ \beta = -\alpha \times h_0 = \frac{-100h_0}{h_{100} - h_0} \end{array} \right.$$

$$t_{\Sigma}^{(A)} = t_{(A)} \text{ lorsque (A) et le système sont à la même température.}$$

Problème : en général, $t_{\Sigma}^{(A)} \neq t_{\Sigma}^{(B)}$, sauf à 0°C et 100°C .

➔ Nécessité d'un thermomètre de référence.