

Description macroscopique d'un système

Eléments d'histoire et de philosophie de la physique

En synthèse...

Au XVII^e siècle, on sait mesurer les températures et les pressions. On met au point des pompes à vide, également appelées pompe à air ou pompe à dépression. Ces travaux essentiellement instrumentaux sont à la base d'expériences portant sur l'étude du comportement thermo-élastique des gaz, c'est-à-dire la variation des variables d'état (volume, température et pression) entre elles.

Ces instruments, parce qu'ils permettent d'approcher le vide, c'est-à-dire de le réaliser, a une conséquence importante en thermodynamique, et plus généralement en physique. Ils conduisent à renoncer à l'hypothèse d'Aristote, selon lequel "*La Nature a horreur du vide*" et annoncent la victoire de la théorie atomiste, qui trouvera son fondement dans la théorie cinétique des gaz (1873), bien avant la découverte de l'atome (1911).

De plus, en parallèle d'une amélioration des pompes à vide, plusieurs scientifiques établissent des résultats empiriques sur le comportement des gaz de la fin du XVII^e au début du XVIII^e siècle (loi de Boyle-Mariotte), puis de la fin du XVIII^e au début du XIX^e siècle (loi de Charles, loi de Gay-Lussac). Cette série de lois empiriques trouve son point d'orgue dans la formule du gaz parfait, qui les contient toutes, établie par Clapeyron en 1834.

Notre cours porte précisément sur cette période de l'histoire de la thermodynamique, où on établit un cadre conceptuel général et on exhibe un modèle d'équation d'état à partir de lois empiriques, pour les gaz à faible pression.

Bien entendu, la période qui nous intéresse est aussi celle où sont étudiées les machines thermiques (machines à vapeur) et sont établis les premier et deuxième principes de la thermodynamique.

De plus, à partir de la fin du XIX^e siècle, dans le cadre de la thermodynamique statistique, les scientifiques recherchent des modélisations plus réalistes des gaz, dans le domaine où la pression est moins faible, et affinent la formule établie par Van der Waals (1873). Ces efforts sont poursuivis au XX^e siècle pour répondre aux besoins des industriels (Air liquide, Total Energies, Engie, etc.).



Quelques dates historiques

Mise au point de la pompe à vide, un instrument clé ...

- 1643 Evangelista TORRICELLI met au point le premier **baromètre**.
- 1648 PASCAL établit la loi du nivellement barométrique ou **formule de Pascal** : $\Delta p = \rho gh$.
- 1650 Otto VON GUERICKE met au point la première **pompe à vide**.
- 1659 Robert BOYLE perfectionne la **pompe à vide** de GUERICKE.

... pour l'étude du comportement des gaz à faible pression....

1662 Robert BOYLE-MARIOTTE ①, utilisant sa pompe à vide, établit la loi de Boyle selon laquelle la pression p est inversement proportionnelle au volume V :

$$\text{si } T_1 = T_2 \quad \text{alors } p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Edme MARIOTTE découvre cette loi indépendamment de BOYLE en 1676. C'est Guillaume AMMONTONS qui précisera, en 1702, que cette loi n'est valable qu'à température constante et est plus précise aux basses pressions.



①

1787 Jacques CHARLES ② établit la loi de Charles selon laquelle le volume V est inversement proportionnelle à la température T , à pression p constante :

$$\text{si } p_1 = p_2 \quad \text{alors } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



②



③

1802 Joseph GAY-LUSSAC ③ établit la loi de Gay-Lussac selon laquelle la pression p est proportionnelle à la température T , à volume V constant :

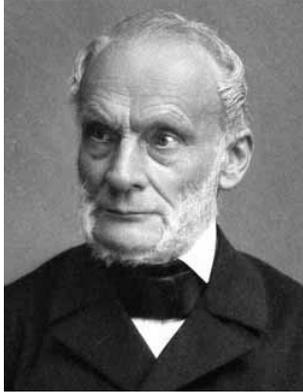
$$\text{si } V_1 = V_2 \quad \text{alors } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



1811 Amedeo AVOGADRO ④ spécifie que :

si $p_1 = p_2$, $T_1 = T_2$ et $V_1 = V_2$ alors $n_1 = n_2$

④



⑤

1834 Synthétisant les travaux expérimentaux sur le comportement thermo-élastique des gaz, Emile CLAPERYON établit la loi du gaz parfait reliant la pression p , la température T , le volume V et la quantité de matière n :

$$pV = nRT$$

Cette relation est vérifiée pour tous les gaz réels, pourvu d'être à une pression suffisamment faible.

... mais la loi du gaz parfait n'est plus vérifiée aux pressions plus élevées.

1872 Emile Hilaire AMAGAT publie, dans sa thèse, les courbes d'Amagat (pV en fonction de V).

1873 Johannes Diderik VAN DER WAALS établit une équation qui lui vaut le PNP 1910, la formule de Van der Waals :

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

1880 Rudolf CLAUSIUS propose une amélioration de la formule de Van der Waals.

1899 Daniel BERTHELOT propose une amélioration de la formule de Van der Waals.

1972 SOAVE, REDLICH et KWONG proposent une amélioration de la formule de Van der Waals.

1976 PENG et ROBINSON propose une amélioration de la formule de Van der Waals.