

Équilibre liquide-vapeur de SF₆

Tracé d'un réseau d'isothermes

I. Présentation du dispositif d'étude.

Description de l'appareillage.

L'appareillage comprend un bain thermostaté et un appareil d'étude, schématisé ci-contre.

L'appareil d'étude comprend une éprouvette ① graduée en cm³, en verre épais et résistant, contenant le corps pur à étudier : l'hexafluorure de soufre SF₆.

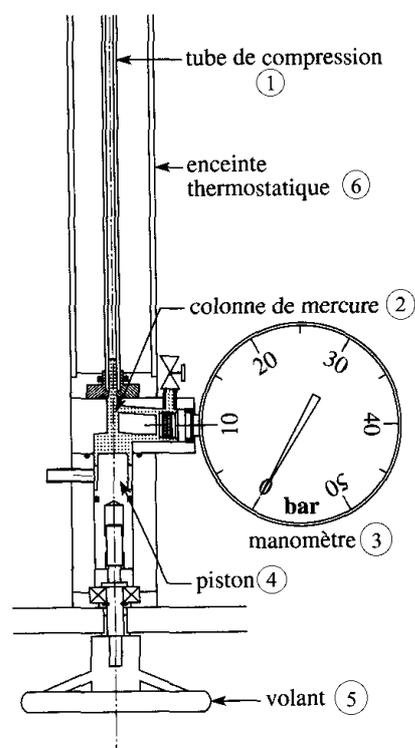
Elle est fixée sur une chambre de compression ② contenant du mercure, dont le fond est formé par une membrane déformable.

Un manomètre à grand cadran ③ indique la pression dans la chambre.

La déformation de la membrane est obtenue en déplaçant le piston ④, commandé par la rotation du volant ⑤. Le niveau du mercure augmente dans l'éprouvette et le fluide contenu dans l'éprouvette est alors comprimé.

Un gros tube transparent ⑥ entoure l'éprouvette.

Il est rempli d'eau provenant du bain thermostaté et permet de maintenir le fluide à température voulue.



Précautions d'utilisation.

Ne jamais toucher aux deux vannes fixées sur le dispositif.

Elles ont permis de faire le vide dans l'éprouvette et d'y introduire SF₆.

La résistance chauffante du bain thermostaté doit être complètement immergée tout au long de la manipulation.

Mettre le thermostat en marche et surveiller le remplissage de la cuve qui entoure l'éprouvette à gaz. S'il apparaît un risque de débordement de la cuve avant l'amorçage de l'écoulement, arrêter immédiatement le thermostat.

Avant chaque série de mesures, le niveau du mercure doit rester visible au bas de l'éprouvette : ne pas dépasser le volume de 4 cm³.

A température ambiante, pour un volume de gaz de 4 cm³ la pression est de l'ordre de 10 ou 15 bars.

II. Manipulations.

Principe.

On réalise des compressions isothermes du fluide étudié. Celui-ci se trouve, à température ambiante et à basse pression (entre 5 et 15 bars), sous forme gazeuse.

Le bain étant thermostaté par une résistance chauffante, il faudra faire les mesures dans l'ordre des températures croissantes. On affichera la température désirée sur le thermostat.

Lors du changement de température, on attendra que l'équilibre thermique soit réalisé avant d'effectuer les mesures.

On diminue le volume du fluide en tournant le volant ⑤ et la pression du fluide augmente.

ATTENTION, NE PAS DÉPASSER 45 bars.

Pour différentes températures T, lues sur le thermomètre dans la cuve entourant l'éprouvette à gaz, relever :

- la pression P (en bar) du fluide sur le manomètre, le volume V (en mL) du fluide sur l'éprouvette graduée (niveau du haut du ménisque mercuriel).
- les volumes correspondant aux extrémités des différents paliers de liquéfaction, de façon à tracer la courbe de saturation : V_L volume de liquide saturant et V_V volume de vapeur saturante.

☐ Exploitation des résultats.

1) Isothermes en coordonnées de Clapeyron.

Superposer sur un même graphe toutes les isothermes. En déduire la température critique du fluide.

2) Pression de vapeur saturante.

Sur le réseau d'isothermes, noter les pressions de vapeur saturante P_{vapSat} pour les différentes températures.

Tracer $P_{\text{vapSat}} = f(T)$, branche séparant les domaines liquide et gaz de SF_6 , avec P_{vapSat} en Pa et T en K,

Modéliser $P_{\text{vapSat}} = f(T)$ par une droite et déterminer son coefficient directeur : $\frac{dP_{\text{sat}}}{dT} = \dots \pm \dots \text{Pa/K}$

3) Courbe de rosée et d'ébullition.

Tracer la courbe de saturation sur le graphique des isothermes (sur le votre ou, à défaut, sur celui qui suit)

4) COMPLEMENT : Détermination de la masse de SF_6 dans l'éprouvette :

L'équation d'état d'un gaz parfait est $(PV)_{\text{gaz parfait}} = n.R.T$: formule correcte pour les gaz réels pour $P < 2$ bars.

Ce n'est pas le cas ici : on admet que pour le gaz réel, la formule suivante est valable tant que le changement d'état n'est pas fait : $(PV)_{\text{gaz réel}} \approx n.R.T.(1 + k.P)$ où k est un coefficient dépendant de la nature du gaz et de la température.

On va chercher à valider cette formule aux « faibles pressions », dans le but de déterminer n, quantité de matière de SF_6 emprisonnée dans l'éprouvette.

Faire sur tableur :

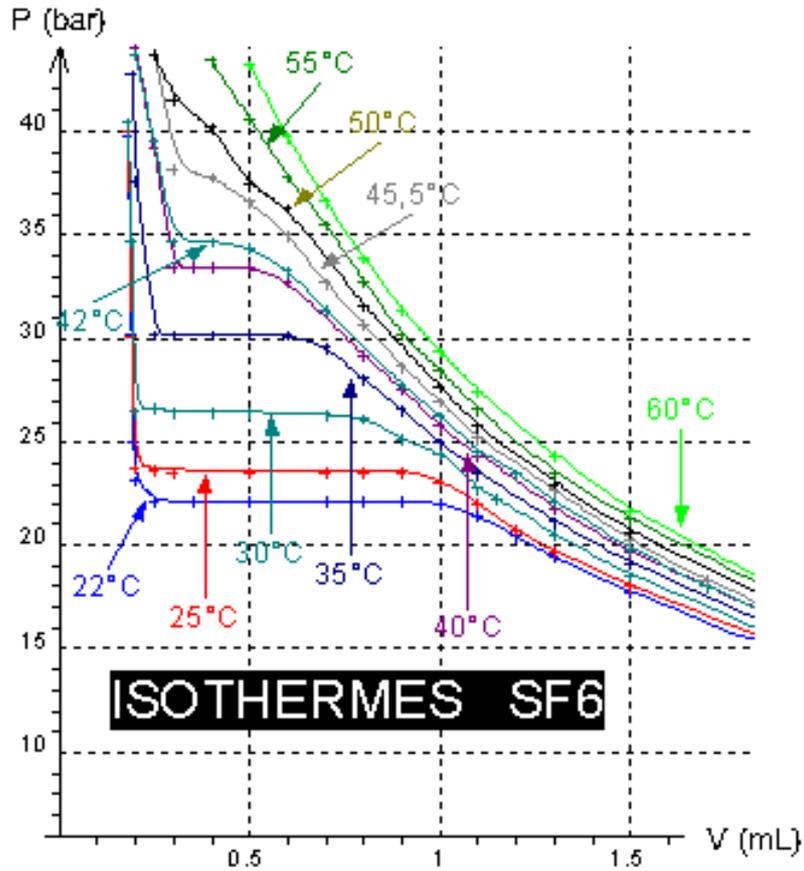
- Créer la variable $PV = P*V/10$ en Joule (le coeff 10 est lié au fait que P et V sont en bar et mL, *unités non si*)
- Editer le graphe $PV = f(P)$: coordonnées d'Amagat
- Aux faibles pressions, modéliser par une droite $PV = a.P + b$: le faire pour toutes les températures.
- D'après le commentaire précédent, on a donc $b = nRT$. Faire calculer $n = b/(RT)$ en mol
- Calculer $n_{\text{moy}} = \text{moy}(n)$ et l'écart-type σ en mol

Calculer l'incertitude sur n : $\Delta n = \frac{2\sigma}{\sqrt{N}}$ où N est le nombre de mesures

- Calculer la masse m contenue dans l'éprouvette ($M_{\text{SF}_6} = 146 \text{ g/mol}$)

Admis : incertitude sur m : $\Delta m = M. \Delta n$

Isothermes expérimentales de SF₆.



Résultats :

$n_{\text{moy}} = \dots\dots\dots \text{ mol}$
 $m = \dots\dots\dots \text{ g}$
 $\Delta m = \dots\dots\dots \text{ g}$
 $\frac{\Delta m}{m} = \dots\dots\dots \%$

Tableau : corriger au besoin les températures si elles ne correspondent pas tout à fait aux manipulations

$\theta(^{\circ}\text{C})$	T(K)	P_{sat} (Pa)	V_L (m ³)	V_V (m ³)
22				
25				
30				
35				
40				
42				
45.5				
50				
55				
60				