

Équilibre liquide/vapeur d'eau

I Objectifs

- ◇ Mettre en œuvre un protocole de mesure de pression et de température en fonction du temps.
- ◇ Mesurer la pression de vapeur saturante : grandeur caractéristique d'un équilibre liquide-vapeur.
- ◇ Déterminer expérimentalement l'enthalpie molaire de vaporisation de l'eau.

II S'approprier

II/A Pression de vapeur saturante

Pour un corps pur sous deux phases en équilibre thermodynamique (ici, l'eau sous phase liquide et gazeuse), la pression et la température ne peuvent pas être indépendamment fixées par l'opérateur : la pression d'équilibre, aussi appelée **pression de vapeur saturante**, dépend de la température :

$$P_{\text{sat}}(T)$$

C'est la pression du système à la température T tant que les phases liquide et gazeuse coexistent.

II/B Relation de RANKINE

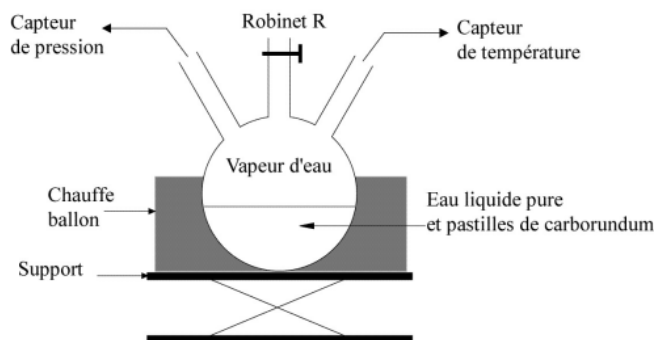
Un modèle simple conduit à considérer la relation dite de RANKINE entre P_{sat} et T :

$$\ln P_{\text{sat}} = A - \frac{B}{T} \quad \text{avec} \quad B = \frac{L_{V,m}}{R}$$

avec A et B des constantes, $L_{V,m}$ l'enthalpie **molaire** de vaporisation de l'eau, et R la constante du gaz parfait.

II/C Dispositif expérimental

- ◇ On chauffe le ballon contenant de l'eau pure, **avec le robinet R OUVERT**, jusqu'à ébullition. La vapeur d'eau, à pression atmosphérique, envahit les canalisations.
- ◇ Quand on estime que le ballon est purgé de tout l'air présent initialement, on ferme R et on arrête le chauffage.
- ◇ La température diminue alors, en même temps que la pression de la vapeur qui est ici la pression de vapeur saturante tant que l'équilibre diphasique se maintient.



Tant que le système est à l'équilibre, on peut observer l'ébullition et il existe une relation entre la pression de vapeur saturante P_{sat} et la température T .

III Réaliser

Préparation de l'acquisition

- 1) Les capteurs de pression et de température sont pré-branchés sur votre carte **Arduino**. Tous les branchements sont faits. Vérifiez juste la cohérence de l'affichage digital de la température et de la pression.
- 2) En vous connectant sur Cahier de Prépa, récupérez le fichier `TP27-code_python.py` (programme **Python** de lecture des données envoyées par la carte **Arduino** à l'ordinateur) et enregistrez-le dans votre espace personnel.
- 3) Ouvrez le fichier python avec **Pyzo** et exécutez-le. Si des valeurs cohérentes s'affichent dans l'interpréteur, tout fonctionne ! Vous êtes prêt-es pour la suite. Interrompre l'exécution avec les touches `Ctrl` + `I`.

Acquisition des valeurs

- 1) Chauffer l'eau du ballon à l'aide du chauffe-ballon avec le **robinet ouvert**.
- 2) Quand l'eau bout depuis suffisamment longtemps pour avoir éliminé tout l'air présent initialement :
 - ◇ fermer le robinet **R** en même temps que vous écartez le chauffe-ballon (en abaissant le chariot élévateur)
 - ◇ lancez l'acquisition en exécutant le script python.
- 3) Arrêter l'enregistrement quand la pression stagne (aux environs de $[0,2 ; 0,3]$ bar). Si la pression remonte au cours de l'expérience, c'est un problème d'étanchéité, les données postérieures à cette augmentation de pression ne seront pas exploitables.

Attention

Si vous devez recommencer votre expérience et que vous devez remettre le chauffe-ballon en route, **pensez à rouvrir le robinet** ! Sinon, la pression va fortement augmenter et c'est le risque d'explosion, de brûlure, et de divers dégâts physiques permanents.

IV Analyser et conclure

Ouvrir **Regressi** et ouvrir le fichier `data_arduino.txt` dans le dossier **document** de votre espace personnel (sélectionner le type `txt` dans le menu déroulant). Vérifier que vous avez 3 colonnes de données : temps t , température T et pression P .

- 1] Afficher en superposition sur le même graphe P et T en fonction du temps. Prendre soin de choisir une échelle à gauche pour P et une échelle à droite pour T . Décocher l'option **zéro inclus**. Imprimer.
- 2] Créer les variables nécessaires à la détermination des coefficients du modèle de **RANKINE**, et vérifier que vos données soient modélisables par une régression linéaire bien choisie. Rédiger quelle est la régression et les valeurs des paramètres obtenus sur votre copie.
- 3] Les données tabulées donnent $\ell_V = 2257 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour l'enthalpie **massique** de vaporisation. Comparer à la valeur que vous avez obtenue par régression. On rappelle la masse molaire de l'eau : $M = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.