

TP27 - Équilibre liquide/vapeur de l'eau

Objectif :

- 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.

1 Contexte

1.1 Pression de vapeur saturante

Pour un corps pur (ici de l'eau) sous deux phases en équilibre thermodynamique (ici liquide et vapeur), pression et température ne peuvent pas être indépendamment fixées par l'opérateur.

En d'autres termes, la pression d'équilibre liquide/vapeur, appelée **pression de vapeur saturante**, dépend de la température :

$$P_{\text{Sat}} = P_{\text{Sat}}(T)$$

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

1.2 Relation de Rankine

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

$$\ln P_{\text{Sat}} = A - \frac{B}{T}$$

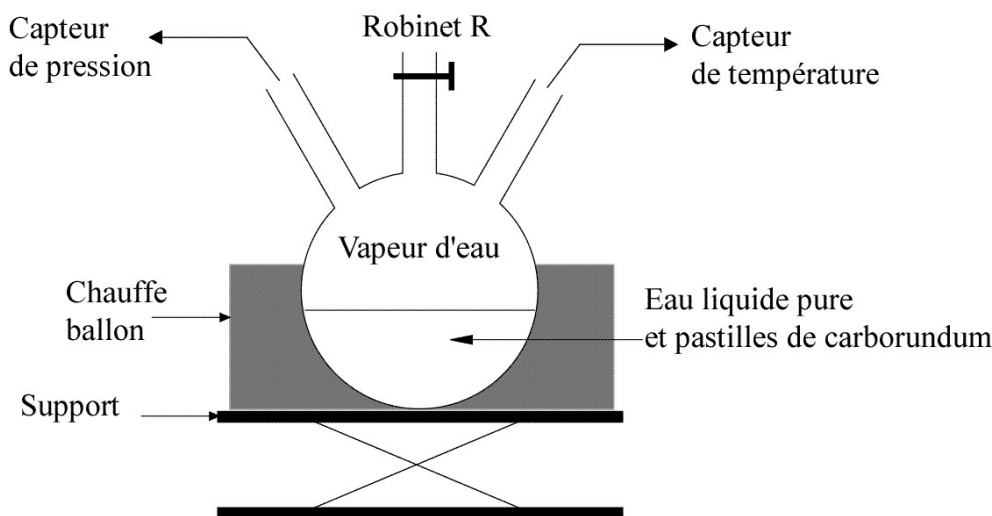
avec A et B des constantes. De plus

$$B = \frac{L_{Vm}}{R}$$

avec R la constante des gaz parfaits et L_{Vm} l'enthalpie **molaire** de vaporisation de l'eau, supposée constante sur l'intervalle de température considéré.

2 Mesures

2.1 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 .

2.2 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-python.py (programme Python de lecture des données envoyées par la carte Arduino à l'ordinateur) et enregistrer le dans votre espace personnel.
3. Ouvrir le fichier python avec Pyzo et exécuter le. Si des valeurs **cohérentes** s'affichent dans l'interpréteur, tout fonctionne ! Vous êtes prêts pour la suite. Interrompre l'exécution avec les touches **Ctrl** + **I**.

2.3 Acquisition des valeurs

4. Chauffer l'eau du ballon à l'aide du chauffe-ballon avec le **ROBINET OUVERT !**
5. Quand l'eau bout depuis suffisamment longtemps pour avoir éliminé tout l'air présent initialement :
 - fermer le robinet R en même temps que vous écarter le chauffe-ballon (en abaissant le chariot élévateur)
 - lancez l'acquisition en exécutant le script python.
6. Arrêter l'enregistrement quand la pression stagne (aux environs de 0,2 à 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 êtes obligés de recommencer votre expérience et que vous devez remettre le chauffe ballon en route, pensez à **ROUVRIRE LE ROBINET !!!** Sinon la pression dans le ballon va fortement augmenter ... Et BOOM !

3 Exploitation

7. Aller dans le dossier **espace personnel** → **document** puis ouvrir le fichier **data_arduino.txt** : Vérifier qu'il contient 3 colonnes de données : temps, température et pression.
8. Ouvrir **Regressi** puis aller dans le menu **Fichier** → **Ouvrir**. Ouvrez votre fichier **data_arduino.txt** créé par votre script Python (*changer absolument de type de fichier pour que le fichier apparaisse*). Vous récupérez ainsi les données du code Python directement dans **Regressi**. Vérifier dans le tableau que vous avez 3 colonnes de données : temps t , température T et pression P .
9. Afficher en superposition sur le même graphe P et T en fonction du temps. Vous prendrez soin de choisir une échelle à gauche pour P et une échelle à droite pour T et vous décochez l'option **zéro inclus**.
10. Créer les variables nécessaires à la détermination des coefficients dans le modèle de Rankine, puis vérifier la relation de Rankine par une régression linéaire bien choisie.
11. La littérature donne $\ell_V = 2257 \text{ kJ.kg}^{-1}$ pour l'enthalpie massique de vaporisation. Comparer à la valeur que vous avez obtenu par régression. On rappelle la masse molaire de l'eau : $M = 18 \text{ g.mol}^{-1}$.