

THEME HABITAT	CHAPITRE 3 CHANGEMENTS D'ETATS ET TRANSFERTS THERMIQUES	TP4 MESURE DE LA CHALEUR LATENTE DE VAPORISATION DE L'EAU
------------------	---	--

1. But

Mesurer la chaleur latente de vaporisation de l'eau et vérifier la compatibilité des valeurs expérimentales avec les valeurs données par les tables.

2. Introduction

En vous aidant du document ci-dessous, répondre aux questions suivantes :

La physique de l'eau liquide

L'eau est le liquide le plus abondant à la surface de la terre. C'est un liquide dont les propriétés sont tout à fait surprenantes, à la fois comme liquide pur et comme solvant.

L'eau est un liquide très cohésif : ses températures de fusion et de vaporisation sont très élevées pour un liquide qui n'est ni ionique, ni métallique, et dont la masse molaire est faible. Ainsi, l'eau reste liquide à pression atmosphérique jusqu'à 100 °C alors que des molécules semblables comme H₂S, H₂Se, H₂Te par exemple donnerait une température de vaporisation proche de - 80°C. Cette cohésion est en fait assurée par les **liaisons hydrogène** entre molécules d'eau. Ce type de liaisons entre molécules voisines, les **liaisons hydrogène**, se rencontre assez souvent en chimie. En effet, dès qu'une molécule possède un groupement HO, HF ou NH, des interactions azote-hydrogène, oxygène-hydrogène ou fluor-hydrogène peuvent apparaître. Ces liaisons permettent par exemple la cohésion des molécules d'ammoniac NH₃ ou d'acide fluorhydrique HF mais elles sont cependant plus faibles et spatialement moins développées que pour les molécules d'eau. C'est pourquoi l'eau a également des températures de fusion et de vaporisation plus élevées que celles de l'ammoniac ou de l'acide fluorhydrique.

La cohésion de l'eau se traduit aussi par une capacité calorifique massique et une chaleur latente de vaporisation énorme. Il faut trois fois plus d'énergie pour réchauffer de l'eau que pour réchauffer la même masse de pentane et dix fois plus que pour la même masse de fer. La chaleur latente de vaporisation est aussi beaucoup plus élevée que celle de la plupart des liquides semblables (H₂S, HF ou NH₃ par exemple). Ces différences sont encore une fois dues aux liaisons hydrogène : il faut de l'énergie pour rompre ces liaisons et la chaleur absorbée par ces ruptures n'est pas disponible pour augmenter l'énergie cinétique des molécules, ce qui réduit l'élévation de température (ou le changement d'état).

(...) Nous découvrirons peut-être un jour que chacune des propriétés anormales de l'eau existe aussi dans un autre liquide. Cependant il est remarquable qu'un seul liquide rassemble autant d'anomalies. Il y a donc un besoin d'explication, auquel ne répondent pas les théories développées pour les liquides simples.

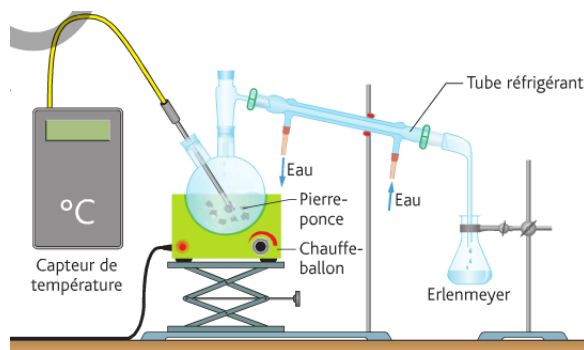
D'après La physique de l'eau liquide, B. Cabane, R. Vuilleumier, 2005.

- ① Citer les grandeurs physiques caractéristiques de l'eau dont les valeurs sont très élevées.
- ② Quelles sont les liaisons qui assurent la cohésion entre les molécules d'eau ?
- ③ Expliquer en quoi ces liaisons peuvent modifier la température d'ébullition de l'eau.
- ④ *Il faut trois fois plus d'énergie pour réchauffer de l'eau que pour réchauffer la même masse de pentane et dix fois plus que pour la même masse de fer.* Quelle est la grandeur physique caractéristique de l'eau, du pentane ou du fer dont parlent les auteurs ?
- ⑤ Calculer l'énergie Q_{eau} nécessaire pour chauffer 200 g d'eau de 80 à 100 °C (sans la vaporiser).
Données : $c_{\text{eau}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$
- ⑥ Quelle énergie Q_{fer} faudrait-il pour chauffer la même masse de fer liquide ?
- ⑦ Quel est le changement d'état correspondant à la vaporisation ?
- ⑧ Quels sont les deux modes de vaporisation de l'eau ?
- ⑨ La chaleur latente de fusion de l'eau est l'énergie apportée à l'eau pour faire passer un kilogramme d'eau de l'état solide à l'état liquide. En s'inspirant de la définition précédente, donner la définition de la chaleur latente de vaporisation de l'eau.

3. Détermination de la chaleur latente de vaporisation de l'eau

3.1 Manipulation

Pour déterminer la valeur de la chaleur latente de vaporisation de l'eau, on réalise le montage suivant :



- ① Introduire, dans le bicol un volume de 200 mL d'eau. Déterminer par pesée la masse d'eau m_{eau} introduite. Noter sur le compte rendu la masse d'eau m_{eau} introduite.
- ② Introduire également dans le ballon quelques grains de pierre ponce. Puis déterminer la masse de l'erlenmeyer vide. Noter également sa masse m_{erlen} dans le compte rendu.
- ③ Mettre en fonctionnement le chauffe-ballon et relever la température toutes les 30 s pendant 12 minutes à partir de 50°C. Placer les points directement sur la feuille de papier millimétré. Tracer la courbe d'évolution de la température en fonction du temps. (Echelle : abscisses : 1 cm pour 0,5 min ordonnées : 1 cm pour 5°C)
- ④ Recueillir les premières gouttes de vapeur d'eau condensée avec un bécher en attendant que l'ébullition soit bien établie. Déclencher alors le chronomètre et placer l'erlenmeyer pour recueillir pendant 10 minutes précisément l'eau condensée. Peser l'erlenmeyer et déterminer la masse d'eau condensée m_c . Noter cette valeur.

3.2 Exploitation des résultats

- ① Déterminer la quantité de chaleur Q_1 reçue par l'eau lorsque la température passe de $T_1 = 80^\circ\text{C}$ à $T_2 = 100^\circ\text{C}$.
- ② A partir de la courbe, donner les valeurs des temps $t_{100^\circ\text{C}}$ et $t_{80^\circ\text{C}}$ pour lesquels la température est respectivement de 100 °C et de 80 °C. En déduire la durée Δt nécessaire à cette élévation de température. ($\Delta t = t_{100^\circ\text{C}} - t_{80^\circ\text{C}}$). **Exprimer cette durée en secondes.**
- ③ En déduire la puissance de chauffe du dispositif de chauffage.
- ④ Déduire de ces résultats la quantité de chaleur Q_2 qui a permis de vaporiser la masse m_c d'eau recueillie en 10 minutes.
- ⑤ Déterminer la valeur de la chaleur latente de vaporisation L_V .
- ⑥ La valeur de L_V donné par les tables est de $2,26 \times 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$. Calculer l'écart relatif.

3.3 Le résultat précédent est-il compatible avec la valeur donnée par les tables

- ① Relever les valeurs de L_V des groupes de TP dans le tableau ci-dessous puis compléter les différentes lignes.

Groupe	1	2	3	4	5	6	7
$L_V \text{ (kJ.kg}^{-1}\text{)}$							
$L_{V(\text{moyen})} =$							
Ecart type $\sigma =$							

- ② Déterminer l'intervalle de confiance à 95 % de $L_{V(\text{moyen})}$ en choisissant au préalable dans le tableau la valeur du coefficient de Student t_n qui correspond au nombre n de mesures réalisées.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20
$t_{n(95\%)}$	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,20	2,16	2,13	2,09

$$L_V = L_{V(\text{moyen})} \pm t_n \frac{\sigma}{\sqrt{7}}$$

- ③ La valeur de L_V donné par les tables est de $2,26 \times 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$. L'intervalle de confiance des mesures comprend-t-il cette valeur ?