

Thème : HABITAT

Sous-thème : Gestion de l'énergie dans l'habitat

Chapitre H3 : Les changements d'état et transferts thermiques

Thème 1 : HABITAT. Sous-thème : GESTION DE L'ENERGIE DANS L'HABITAT

Notions et Contenus	Compétences attendues
États de la matière. Transfert thermiques et changements d'état. Transformations physiques et effets thermiques associés	<ul style="list-style-type: none"> - Différencier les différentes transformations liquide-vapeur pour l'eau : évaporation, ébullition. - Associer un changement d'état au niveau macroscopique à l'établissement ou la rupture d'interactions entre entités au niveau microscopique. - Utiliser un diagramme d'état (P, T) pour déterminer l'état d'un fluide lors d'une transformation. - Utiliser l'enthalpie de changement d'état pour effectuer un bilan énergétique

Situation - Problème :

Problématique :

M. Hervé a décidé de se faire construire une piscine dans son jardin. Comme dans sa région les étés ne sont pas forcément toujours chauds, il décide de chauffer l'eau de sa piscine en installant une pompe à chaleur (PAC).

(Source : www.pompeachaleurpiscine.org/)

Les premières pompes à chaleur apparaissent en France en 1973, en répercussion du premier choc pétrolier. La sortie de cette crise ralentit ensuite leur développement en France. Au même moment, les pays nordiques, plus soucieux de la préservation de l'environnement adoptent et conservent cette technologie très écologique. Ces dix dernières années marquent la fin de l'énergie bon marché, et les Français se tournent à nouveau vers la pompe à chaleur, conscients de son intérêt écologique mais surtout économique.

M. Hervé fait donc venir un technicien pour une étude de son projet.

- **Le technicien** : « La pompe à chaleur utilise une **énergie gratuite, renouvelable, propre et inépuisable**. De plus, elle ne rejette rien dans l'atmosphère. Elle contribue ainsi vraiment à la réduction de l'effet de serre et à la lutte contre le réchauffement climatique. Vous voyez vite l'avantage à utiliser ce type de chauffage pour une piscine (particulièrement énergivore) plutôt qu'une énergie fossile qui est, et sera de plus en plus rare et chère. Une pompe à chaleur piscine vous permet de réaliser de vraies économies en divisant vos dépenses de chauffage de la piscine. Son **coût de fonctionnement est 4 fois inférieur** à celui d'un chauffage traditionnel de type « réchauffeur ». Le coefficient de performance (COP - rapport entre l'énergie consommée et l'énergie fournie) supérieur à 4 permet un amortissement d'une PAC pour chauffer votre piscine sur peu d'années.

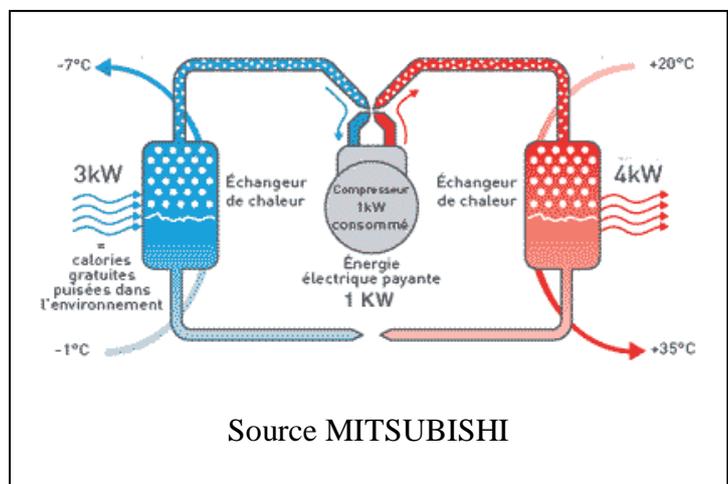
Ce coefficient signifie que pour 1 kWh consommé, la pompe à chaleur va restituer 4 kWh. »

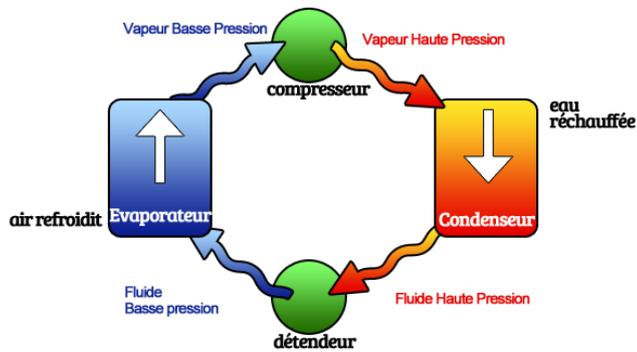
- **M. Hervé** : « Mais comment cela fonctionne-t-il ? »

- **Le technicien** : « Une pompe à chaleur va transférer la chaleur du milieu chaud qui fournit l'énergie (l'air), en direction du milieu froid, récepteur d'énergie (votre piscine). **La piscine est donc chauffée par l'air chaud !** L'air contient naturellement de la chaleur : les calories. Ces calories sont prélevées dans l'air ambiant par la PAC et vont être transférées vers la piscine.

Pour réaliser ce transfert de chaleur, on utilise un fluide réfrigérant « frigorigène » qui circule en circuit fermé dans la pompe à chaleur. C'est le même fluide réfrigérant qui est utilisé dans tous les systèmes de production de froid : réfrigérateurs, climatisation... Ce fluide a la particularité de changer d'état en fonction de sa pression. Lorsque sa pression augmente, il devient gazeux; lorsque sa pression baisse, il se condense. Les principaux composants d'une pompe à chaleur-piscine sont un compresseur, un condenseur, un évaporateur, et un détendeur.»

Et il donne au client un dépliant dans lequel on trouve le schéma de fonctionnement de la PAC :





Evaporateur : permet de passer de l'état liquide à l'état gazeux.

Compresseur : augmente la pression du gaz.

Détendeur : permet de faire passer un gaz sous pression à une pression inférieure.

Condenseur : transforme le gaz en liquide.

- M. Hervé :

«Quel est l'intérêt, pour une pompe à chaleur, d'utiliser un changement d'état ? »

COURS :

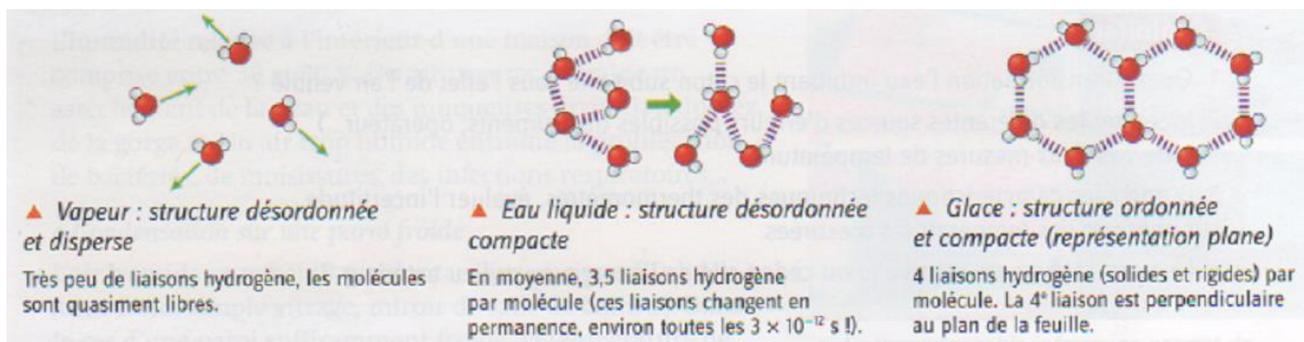
I LES CHANGEMENTS D'ETAT DE L'EAU

1) Les états de la matière :

À l'état solide,

L'état liquide

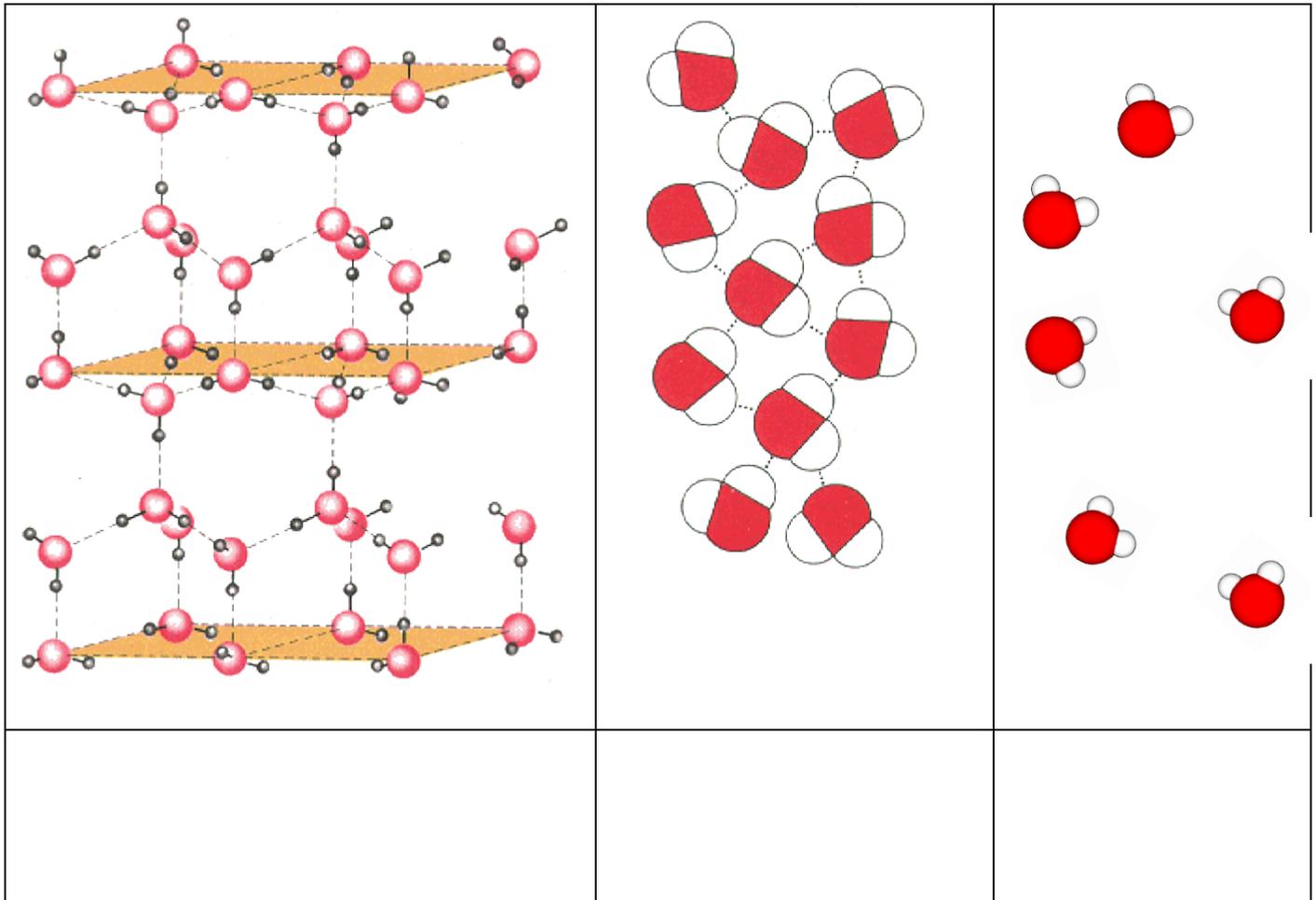
L'état gazeux



Les interactions décrites plus haut sont qualifiées de liaisons _____ car elles se manifestent entre les molécules d'un même corps. Ces liaisons sont beaucoup moins solides que les liaisons intramoléculaires, une quantité moindre d'énergie est donc nécessaire pour les rompre. Lorsque de l'eau bout, la vapeur créée correspond à la rupture des liaisons _____ entre les molécules H_2O qui forment l'eau liquide et donc à l'établissement d'un ordre différent, c'est le changement d'état.

2) La liaison hydrogène :

La liaison hydrogène est une liaison chimique non covalente. Elle est de basse intensité (vingt fois plus faible qu'une liaison covalente classique), et relie des molécules en impliquant un atome d'hydrogène.



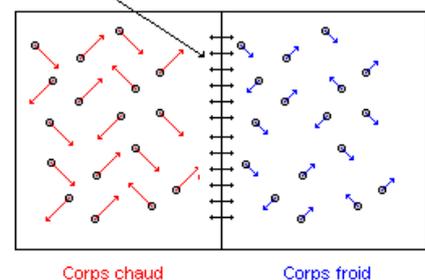
II TRANSFERTS THERMIQUES ET CHANGEMENTS D'ETATS :

1) Température et agitation thermique :

2) Mécanisme du transfert thermique :

Lorsque deux corps de températures différentes sont en contact, le corps le plus froid reçoit de l'énergie du corps le plus chaud par transfert thermique. La température du corps chaud diminue et la température du corps froid augmente.

Chocs multiples qui provoquent la propagation de l'énergie du corps chaud vers le corps froid

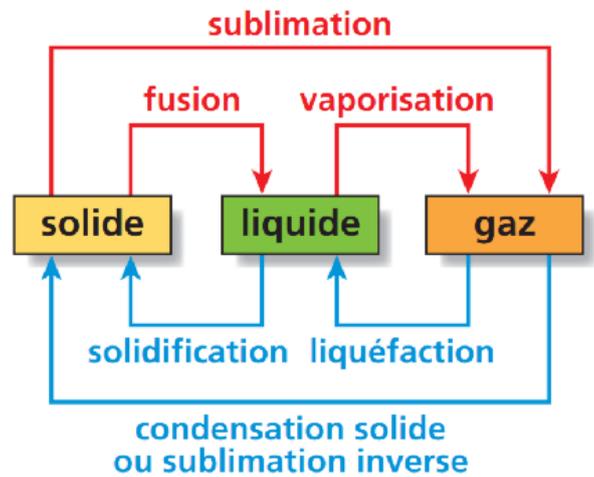


3) Les différents changements d'état sont :

- la **fusion** :

• la vaporisation :

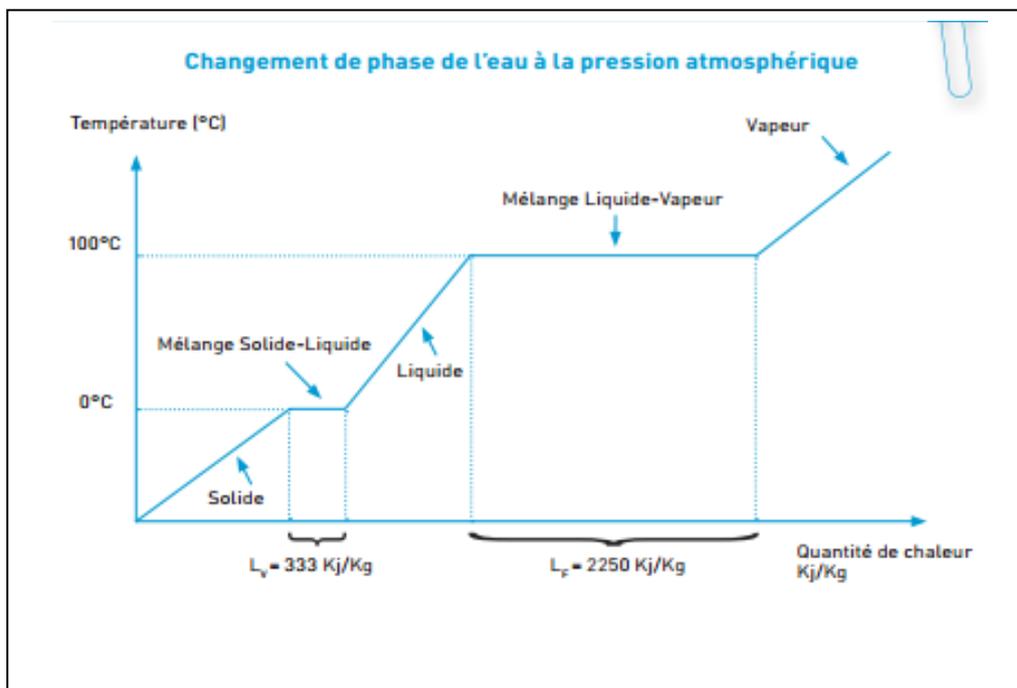
• la sublimation :



Durant le passage d'un état à un autre état, il y a équilibre entre les deux phases, c'est-à-dire que l'eau est présente sous deux états différents. Tous ces passages d'un état de la matière à un autre sont caractérisés par une pression et une température qui restent constantes durant le changement d'état.

4) Le cas de l'eau :

Changement de phase de l'eau sous pression atmosphérique :



Comme on le voit sur la figure ci-dessus, l'apport d'une quantité de chaleur à la pression $P = 1 \text{ atm}$ permet de réaliser ces changements d'états.

_____ . Cette température reste constante tant que les deux états sont simultanément présents.

Si un corps pur reçoit de l'énergie par transfert thermique, alors, il passe d'un état plus ordonné à un état moins ordonné (solide, liquide, gaz). Il cède de l'énergie dans le cas contraire.

Définition :

Durant le passage d'un état à un autre état, il y a équilibre entre les deux phases, c'est-à-dire que l'eau est présente sous deux états différents. Tous ces passages d'un état de la matière à un autre sont caractérisés par une pression et une température qui restent constantes durant le changement d'état. Comme on le voit sur la figure ci-dessus, l'apport d'une quantité de chaleur à la pression $P = 1 \text{ atm}$ permet de réaliser ces changements d'états.

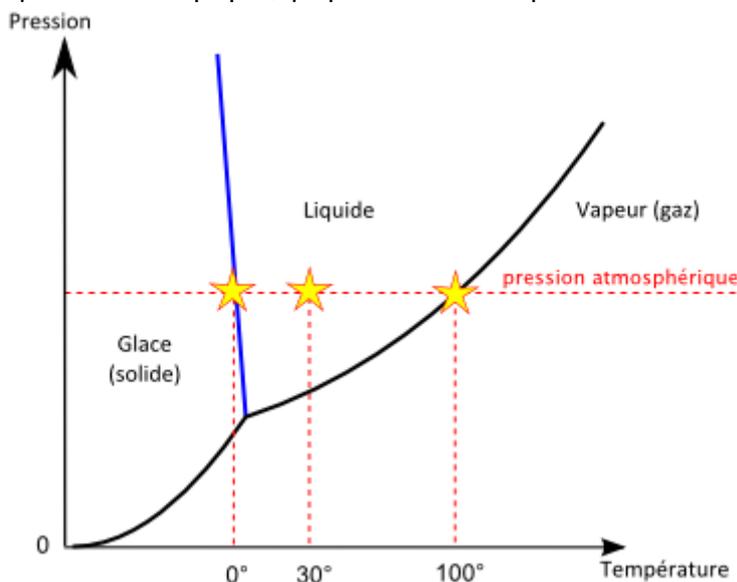
($L_F = 334 \text{ kJ/kg}$ à $T = 0^\circ\text{C}$, cette valeur signifie qu'il faut 334 kJ pour transformer 1 kg de glace en 1 kg d'eau liquide à $T = 0^\circ\text{C}$). La phase liquide étant caractérisée par un désordre des molécules plus important que celui de la phase solide, cette énergie a permis de lutter contre les forces d'attraction pour libérer les molécules de leur position relativement fixe dans le solide et leur permettre de se mouvoir les unes par rapport aux autres, ce qui correspond à la phase liquide.

($L_V = 2\,250 \text{ kJ/kg}$ à $\theta = 100^\circ\text{C}$. Cette valeur signifie qu'il faut $2\,250 \text{ kJ}$ pour transformer 1 kg d'eau liquide en 1 kg de vapeur à $\theta = 100^\circ\text{C}$).

Il est intéressant de retenir que le passage d'un état ordonné à un état moins ordonné, liquide à gaz par exemple, est un phénomène endothermique.

Diagramme d'équilibre de l'eau

Si on refait l'expérience précédente à une autre pression, les valeurs des températures de fusion et de vaporisation sont différentes. Il est alors possible de tracer la courbe $P = f(T)$ pour le passage de l'état liquide à l'état gazeux. Ce tracé est possible pour tous les changements de phase, ce qui permet d'obtenir, en plus de la courbe de fusion, les courbes de sublimation et de vaporisation. Sur un même graphe, l'ensemble de ces courbes constitue le diagramme d'équilibre du corps pur, qui pour l'eau est représenté sur la figure ci-dessous.



Pour l'eau, la courbe de fusion a la particularité d'avoir une pente négative. Cela se traduit par le fait que l'eau sous forme solide occupe à masse égale un volume plus important que l'eau sous forme liquide (une bouteille plastique pleine d'eau liquide placée au congélateur éclate lorsqu'elle se solidifie).

On peut noter sur ce diagramme deux points particuliers : le point triple et le point critique. Le point triple est le point où il y a coexistence de l'eau sous trois états : liquide + vapeur + solide. Les coordonnées de ce point pour l'eau sont $\theta_T = 273,16 \text{ K}$ ($0,01^\circ\text{C}$) et $P_T = 0,006 \text{ atm}$.

Le second point particulier est le point critique. Il est caractéristique de la courbe d'équilibre liquide-vapeur. Au delà du point critique, on ne peut plus distinguer la vapeur et le liquide. À titre indicatif, le point critique de l'eau a pour coordonnée $\theta_c = 370^\circ\text{C}$ et $P_c = 218 \text{ atm}$.

Remarques :

Ébullition, évaporation et la condensation sont des termes qui se réfèrent à des changements d'état entre les liquides et les gaz:

Retour sur la question

En utilisant le cours, expliquer l'intérêt des changements d'état du fluide dans les systèmes produisant du chaud ou du froid?

III CHALEUR LATENTE DE VAPORISATION DE L'EAU : EXPERIENCE.

Les changements d'état eau liquide / vapeur sont permanents dans l'habitation : évaporation (séchage du linge, nettoyage, douche...) ou vaporisation (cuisson...)

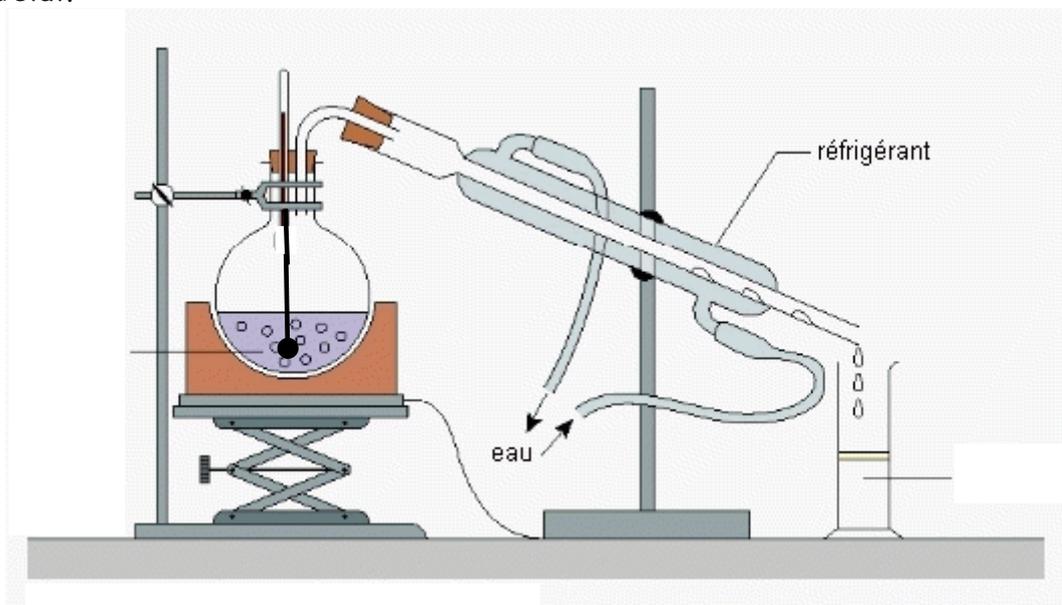
Mais quelle est l'énergie (en J) nécessaire pour vaporiser 1kg d'eau ?

Autrement dit, quelle est la chaleur latente de vaporisation de l'eau : L_v ?

But : Déterminer la chaleur latente de vaporisation de l'eau (chaleur nécessaire pour vaporiser 1 kg d'eau à 100 °C).

Principe : On chauffe dans un ballon une certaine masse d'eau jusqu'à évaporation. On mesure en fonction du temps la température de l'eau et on trace le graphe correspondant.

On mesure la masse d'eau qui est passée sous forme gazeuse et on en déduit la valeur de la chaleur latente du changement d'état.



- masse du ballon $m_1 = \dots\dots\dots\text{g}$.
- Verser environ 200 mL d'eau dans le ballon. Peser l'ensemble ($\dots\dots\dots\text{g}$) ; en déduire la masse exacte d'eau contenue dans le ballon : masse d'eau $m_2 = \dots\dots\dots\text{g}$.
- masse de l'éprouvette : $m_3 = \dots\dots\dots\text{g}$
- Dans un tableau, relever la température de l'eau toutes les minutes.

- Arrêter le chauffage et les mesures lorsque vous aurez récupéré suffisamment d'eau à la sortie du réfrigérant. (environ une cinquantaine de mL). Retirer le ballon du chauffe ballon pour éviter que la vaporisation ne se poursuive.
- masse de l'eau récupérée : $m_4 = \dots\dots\dots g$
- Tableau de mesures :

t(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	11	12	13	14
θ (°C)															

t(min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
θ (°C)															

- Tracer le graphe $\theta = f(t)$
- A partir du graphe, déterminer la puissance fournie par le chauffage à l'eau.
- Noter l'indication de la puissance nominale sur la plaque signalétique du chauffe ballon.
- En déduire la valeur de la chaleur latente de vaporisation de l'eau.
- La comparer à la valeur théorique.
- Recenser les causes d'erreurs possibles (manipulation, matériel)

➤ **Auto-évaluez votre niveau en cochant la case correspondante : je sais ...**

- Décrire les trois états de la matière
- Citer les différents changements d'état
- Tracer et exploiter la courbe de changement de phase d'une espèce pure à pression constante
- Exploiter le diagramme d'équilibre de l'eau (courbe $P=f(T)$)
- Définir la chaleur latente de transformation ou encore enthalpie de changement d'état physique
- Définir le taux d'humidité