

Fiche N°7-1
Thème :
Changement d'état

Chaudière à condensation

But Déterminer expérimentalement l'enthalpie de vaporisation de l'eau.

Situation de départ

Les chaudières à condensation sont obligatoires

Les nouvelles normes européennes en matière de performance des équipements de chauffage rendent de facto quasiment obligatoire les chaudières à condensation. Retour sur cette obligation.

Les chaudières à condensation : comment ça marche ?

Les chaudières à condensation sont aujourd'hui les plus performantes du marché. En effet, en récupérant la chaleur contenue dans les fumées de combustion, elles permettent d'obtenir un rendement en Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) supérieur à 100 %, soit bien plus que les modèles traditionnels.

En produisant plus de chaleur avec le même apport initial en combustible, les chaudières à condensation vous permettent de faire jusqu'à 30 % d'économies de chauffage et de rejeter moins de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les chaudières à condensation existent aussi bien pour le chauffage au gaz que pour le chauffage au fioul si vous n'êtes pas relié à un réseau de gaz naturel.

Pourquoi les chaudières à condensation sont elles obligatoires ?

Sauf exception, depuis la réforme de la directive EcoDesign au début de l'automne (2015), les ménages qui s'équipent d'une nouvelle chaudière ont l'obligation de choisir un modèle à condensation. Les seuils de performance définis par cette directive (rendement minimal de 86 %) ne peuvent en effet qu'être atteint par des modèles à condensation ou presque. Les chaudières de type B1 (avec une évacuation des fumées par cheminée) ne doivent en revanche pas se conformer à ces performances.

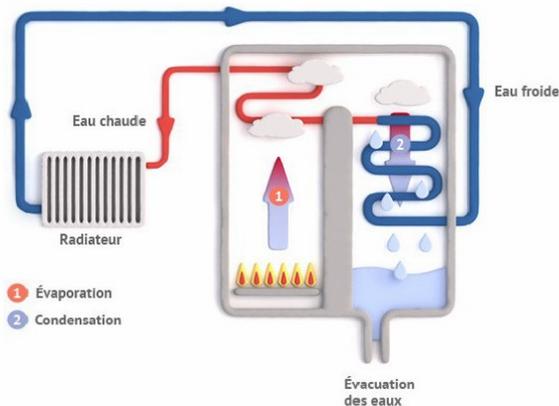
Source : <https://www.quelleenergie.fr/> (23 décembre 2015)

Quelle est l'origine de l'énergie thermique récupérée ?

Quelle est la valeur de cette énergie ?

Doc.1 : Principe de fonctionnement d'une chaudière à condensation

Le fonctionnement de la chaudière à condensation reprend le même principe qu'une chaudière traditionnelle et permet en plus de tirer profit de toute l'énergie produite lors de la combustion du combustible. Dans une chaudière classique, le circuit d'eau du chauffage central est réchauffé grâce à la combustion du combustible. La chaudière à condensation tire profit de l'énergie contenue dans les fumées de combustion. Les fumées émises lors de la combustion du combustible contiennent de la vapeur d'eau.



Cette dernière condense, en libérant de la chaleur. L'eau de retour du circuit de chauffage se réchauffe grâce à cette énergie. L'évacuation de l'eau libérée lors de la condensation (les condensats) se fait par le réseau des eaux usées.

Source : <http://www.lenergietoutcompris.fr/>



Fiche N°7-1
Thème :
Changement d'état

Chaudière à condensation

Doc.2 : Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur produite par sa combustion, à pression constante et dans les conditions dites « normales » de température et de pression (c'est à dire à 0°C et sous une pression de 1 013 mbars).

La combustion d'un produit génère, entre autres, de l'eau à l'état gazeux : de la vapeur. Cette vapeur représente une grande perte de chaleur lorsqu'elle est directement évacuée par la cheminée puisqu'on expulse de l'eau à plus de 100°C !

Certaines techniques permettent de récupérer la quantité de chaleur contenue dans cette eau de combustion en la condensant. On parle alors de chaudières à condensation. En fonction qu'on condense ou non la vapeur contenue dans les fumées, le pouvoir calorifique va varier. On distingue donc deux pouvoirs calorifiques différents :

- Le **pouvoir calorifique inférieur** (PCI) qui suppose que la fumée contient l'eau de combustion à l'état de vapeur. La chaleur contenue dans cette eau est perdue (chaudière « classique »).
- Le **pouvoir calorifique supérieur** (PCS) qui suppose que l'eau de combustion est entièrement condensée. La chaleur contenue dans cette eau est récupérée (chaudière « à condensation »).

Doc.3 : Variation d'énergie interne d'un corps pur en fonction de sa température

Lorsque la température d'un corps augmente son énergie interne sous forme d'énergie thermique augmente. Inversement, si la température d'un corps diminue, son énergie interne sous forme d'énergie thermique diminue également.

On peut alors écrire la variation d'énergie interne d'un corps :

$$\Delta E \text{ en joule (J)} = m \text{ en kilogramme (kg)} \cdot c \text{ en joule par kilogramme par kelvin (J.kg}^{-1}\text{.K}^{-1}) \cdot (\theta_f \text{ et } \theta_i \text{ en kelvin (K) ou degré celsius (}^\circ\text{C)})$$

Si $\theta_f > \theta_i$ le corps absorbe de l'énergie et inversement.

c est la capacité thermique massique du corps.

RAPPEL

Doc.5 : Donnée thermodynamique

- Capacité thermique massique de l'eau : 4,18 J.g⁻¹.K⁻¹

Fiche N°7-1
Thème :
Changement d'état

Chaudière à condensation

Doc.4 : Variation d'énergie interne d'un corps pur lors d'un changement d'état

Un changement d'état s'effectue à pression et à température constantes. L'énergie échangée sous forme de chaleur lors d'un changement d'état résulte de la modification (rupture ou établissement) de liaisons intermoléculaires. Pour passer d'un état où les molécules sont fortement liées à un état où elle le sont moins, il faut apporter de l'énergie à la matière pour rompre les liaisons : la variation d'énergie du corps pur est alors positive. Inversement, passer d'un état de faibles liaisons moléculaires à un état de fortes liaisons moléculaires induit une variation négative de l'énergie du corps pur.

On peut alors écrire la variation d'énergie interne d'un corps :

$$\Delta E = m \cdot L$$

ΔE en joule (J) L en joule par kilogramme (J.kg⁻¹)
m en kilogramme (kg)

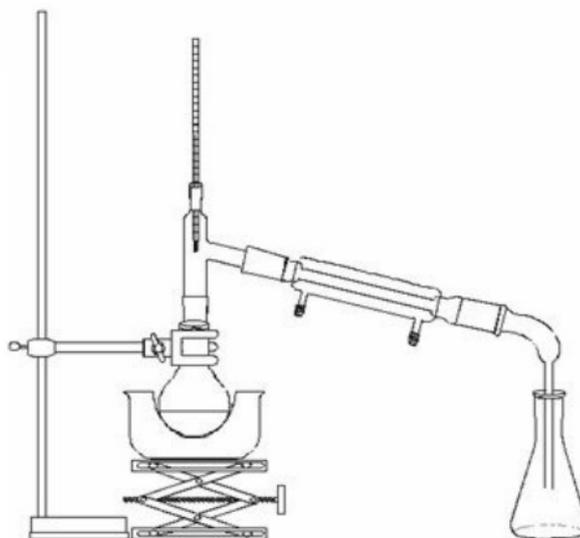
L est l'enthalpie (ou chaleur latente) de changement d'état massique.

SAVOIR

Détermination de l'enthalpie de vaporisation de l'eau

Manipulations

- Introduire dans un ballon une masse d'eau distillée $m_{\text{eau}} = 200$ g mesurée avec précision et quelques grains de pierre ponce.
- Adapter au ballon un réfrigérant à eau pour réaliser une distillation simple comme le schéma ci-dessous.



Fiche N°7-1
Thème :
Changement d'état

Chaudière à condensation

- Mettre en marche le chauffe-ballon au maximum de sa puissance et relever alors la température de l'eau toutes les 30 secondes à partir de 70°C jusqu'à 100°C.
- Une fois l'ébullition bien établie, placer un erlenmeyer sec et **préalablement pesé** à la sortie du réfrigérant. Déclencher immédiatement un chronomètre pour recueillir l'eau condensée **pendant 10 minutes**.
- Peser de nouveau le récipient contenant l'eau condensée et en déduire la masse d'eau vaporisée $m_{\text{eau vap}}$.

Exploitation des résultats

- Déterminer, l'énergie ΔE qu'à dû fournir le chauffe-ballon pour chauffer les 200 g d'eau de 80 à 100°C.
 - Déterminer la durée Δt nécessaire pour chauffer de 80 à 100°C les 200 g d'eau.
 - En déduire la puissance P de chauffe du dispositif de chauffage.
 - Déduire, à partir des résultats précédents, la quantité de chaleur Q_{vap} qui a permis de vaporiser la masse $m_{\text{eau vap}}$ en 10 minutes.
 - Déterminer finalement la valeur de l'enthalpie de vaporisation massique de l'eau L_{vap} .
- La valeur tabulée de l'enthalpie de vaporisation massique de l'eau est $L_{\text{vap th}} = 2\,257 \text{ kJ.kg}^{-1}$.
- Commenter votre résultat.

Conclusion

- Répondre aux questions de la situation de départ.