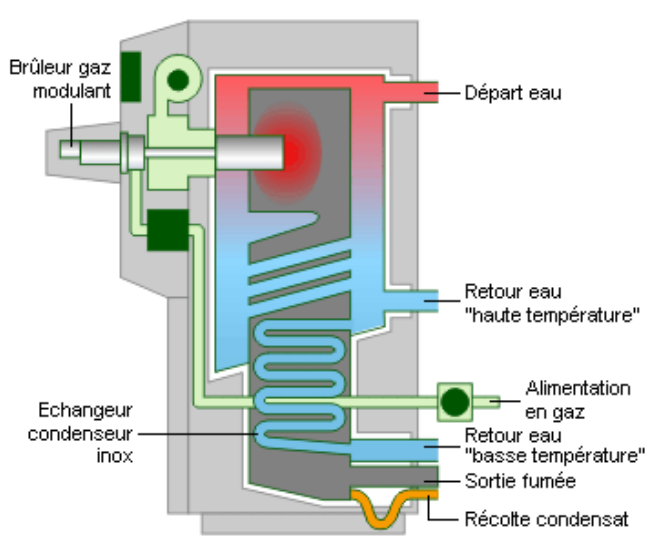


EXERCICE 4 (6 points)

Physique-Chimie

Chaudière à condensation

Le **document n°7** décrit le principe du fonctionnement d'une chaudière dite « à condensation ». La notice technique apporte quelques éléments quantitatifs quant à ses performances.



Brûleur gaz modulant

Départ eau

Retour eau "haute température"

Alimentation en gaz

Retour eau "basse température"

Sortie fumée

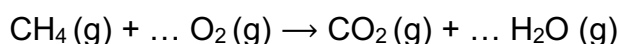
Récotte condensat

Echangeur condenseur inox

Une chaudière à condensation utilise comme combustible le gaz naturel, c'est-à-dire du méthane. Une chaudière libère de l'énergie thermique lors de la combustion d'un combustible. Les chaudières classiques libèrent les produits de combustion à une température d'environ 200 °C. Dans le cas d'une chaudière à condensation, une partie de l'énergie libérée est récupérée par condensation de la vapeur d'eau produite lors de la combustion. Ainsi la température de sortie des produits de combustion est d'environ 50 °C. Les constructeurs annoncent un gain d'énergie de 10 % à 30 % suivant les conditions d'utilisation.

Document n°7 : principe de fonctionnement d'une chaudière à condensation
D'après <https://energieplus-lesite.be> consulté le 12/12/2024

1. Recopier et compléter l'équation de combustion du méthane ci-dessous.



On donne les masses molaires du méthane et de l'eau :

- $M(\text{CH}_4) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2. Calculer la valeur de la quantité de matière $n(\text{CH}_4)$ correspondant à 1,00 kg de méthane.

3. Montrer que la valeur de la masse d'eau, notée m_{eau} , formée lors de la combustion de 1,00 kg de méthane vaut 2,25 kg.

On cherche à calculer le gain énergétique de cette chaudière et à le comparer à ce que le constructeur déclare.

Pour cela on va déterminer la quantité totale d'énergie libérée lors du refroidissement de l'eau produite lors de la réaction de combustion.

Cette libération d'énergie peut être décomposée en trois étapes :

- refroidissement de la vapeur d'eau de 200 °C à 100 °C ;
- condensation de la vapeur d'eau en eau liquide à 100 °C ;
- refroidissement de l'eau liquide de 100 °C à 50 °C.

La relation qui permet de calculer la quantité d'énergie Q (exprimée en joule) échangée par un système de masse m (exprimée en kg), de capacité thermique massique C (exprimée en $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) et dont la température varie de la température initiale θ_i à la température finale θ_f (en degré Celsius ou en kelvin) est : $Q = m \times C \times (\theta_f - \theta_i)$.

On indique que :

- la capacité thermique massique de la vapeur d'eau, notée C_v , vaut : $1,85 \times 10^3 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
 - l'énergie massique de condensation de l'eau, notée L_c , vaut : $-2,26 \times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$.
4. Calculer la valeur de la quantité d'énergie Q_v libérée lors de l'abaissement de température de 2,25 kg de vapeur d'eau de 200 °C à 100 °C.

On fait l'hypothèse que toute la vapeur d'eau est condensée.

5. Calculer la valeur de la quantité d'énergie Q_c libérée lors de la condensation de la vapeur d'eau émise par la combustion de 1,00 kg de méthane.

On admet que la quantité d'énergie Q_{eau} libérée lors de l'abaissement de la température de l'eau liquide de 100 °C à 50 °C vaut $-4,70 \times 10^5 \text{ J}$.

6. Montrer que la valeur de la quantité totale d'énergie Q_{totale} libérée par l'eau lors de son refroidissement de 200 °C à 50 °C vaut $-5,98 \times 10^6 \text{ J}$.

On admet que la combustion de 1,00 kg de méthane libère une énergie $Q_{\text{méthane}}$ égale à $-5,00 \times 10^7 \text{ J}$.

7. Exprimer, en pourcentage, le gain d'énergie $G = \frac{Q_{\text{totale}}}{Q_{\text{méthane}}}$ associé à cette chaudière.
8. Discuter la valeur calculée du gain d'énergie par rapport à celle annoncée par le constructeur de chaudière à condensation.