

Exercice 2 (D'après bac STL SPCL Antilles Septembre 2014)

On souhaite vérifier, dans cette partie, les économies évoquées dans l'article du document 2.

Sur une « chaudière ancienne », les fumées sont évacuées à une température d'environ 200 °C. Actuellement pour une chaudière à condensation la température de sortie des fumées est d'environ 55 °C et l'eau condensée est évacuée à une température de 20 °C. On continuera dans cette partie à raisonner sur la combustion de 1,00 kg de méthane.

1. En vous aidant du document 1, compléter le tableau du document 3.

Données :

- L'énergie libérée Q (en joule) par un fluide lorsque sa température varie sans changement d'état est : $Q = m.C_p. \Delta\theta$ où C_p est la capacité thermique massique (en $J.kg^{-1}.K^{-1}$), m est la masse (en kg) et $\Delta\theta$ la variation de température (en °C).

- L'énergie libérée Q (en joule) par un fluide lors de son changement d'état est : $Q = m.L$ où L est la chaleur latente de changement d'état (ou enthalpie standard de changement d'état) (en $J.kg^{-1}$) et m est la masse (en kg).

- Le PCI (pouvoir calorifique inférieur) du méthane est $50,1 MJ.kg^{-1}$. Cela signifie que la combustion d'1kg de méthane produit 50,1 MJ sans compter l'énergie des gaz condensés.

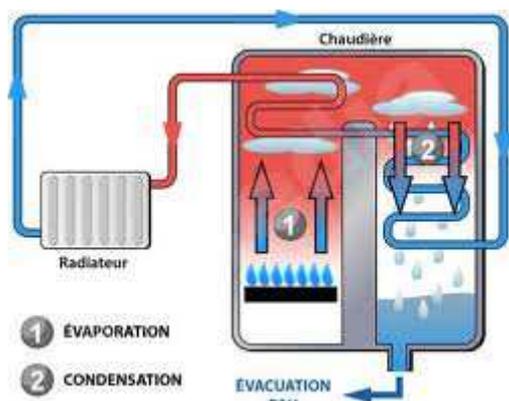
- L'eau bout à 100°C sous la pression d'une atmosphère (1 atm = 1013 hPa). L'enthalpie massique de vaporisation de l'eau, égale à l'énergie fournie pour transformer l'eau liquide en vapeur, est de $2257 kJ.kg^{-1}$.

2. La valeur totale de l'énergie récupérée permet-elle de justifier les économies présentées dans l'article du document 2 ?

Document 1

Gaz issus de la combustion et gaz spectateur	CO ₂	H ₂ O	N ₂
Masse molaire moléculaire (en $g.mol^{-1}$)	44	18	28
Quantité de matières en moles des gaz issus de la combustion d'1kg de méthane.	62,5	125	500
Masse (en g) des gaz issus de la combustion d'1kg de méthane	2750	2250	14000

Document 2 : étude de la récupération d'énergie dans les chaudières à condensation



Une technologie innovante au service de l'économie d'énergie

Les chaudières à condensation se distinguent de leurs consœurs plus anciennes par leur mécanisme de fonctionnement différent : elles ne se contentent pas de brûler du combustible pour chauffer, dans la mesure où les vapeurs de combustion, condensées, servent à chauffer de nouveau les eaux de retour. L'économie d'énergie est substantielle, même en comparaison avec les chaudières classiques les plus modernes. Comptez sur une réduction de vos factures de 20% à 35% !

Rendement chaudière à condensation

Les chaudières à condensation sont les plus performantes des chaudières modernes. Leur efficacité économique et écologique est très forte : elles permettent d'économiser du combustible grâce à leur fonctionnement particulier qui évite la déperdition d'énergie inutile. On dit que ces chaudières ont de très hauts "rendements". Comment s'apprécie le rendement, et que signifie-t-il exactement ?

Comment appréhender la notion de rendement ?

On peut formuler la notion de rendement de la manière suivante : $\text{Rendement} = (\text{Quantité d'énergie qui sort de la chaudière sous forme de chaleur}) / (\text{Quantité d'énergie qui rentre dans la chaudière sous forme de combustible et qui est produite par la condensation})$. Mais deux types de mesures sont possibles :

- le PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) compare uniquement la "quantité" de chaleur finale effectivement produite avec la quantité de combustible pur qui est utilisée pour cela.
- le PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur) compare la "quantité" de chaleur finale effectivement produite avec la quantité de combustible pur utilisée + l'énergie produite par la condensation des fumées (celle-là même qui fait l'efficacité des chaudières à condensation) qu'on appelle "chaleur latente".

En PCI, le rendement des chaudières à condensation est supérieur à 100% (car il ne prend pas en compte la chaleur latente), alors qu'en PCS il est nécessairement inférieur à 100% (car il prend en compte toutes les sources d'énergie présentes). On continue néanmoins d'utiliser la mesure PCS, même si elle est moins évidente. Pourquoi ? Parce qu'elle seule permet de comparer les chaudières modernes et anciennes, et les chaudières anciennes entre elles !

Quelques comparaisons...

Rentrons dans le vif du sujet : une chaudière à condensation atteint des rendements PCI de 105% à 110%, et en PCS de 96% à 99%, tandis qu'une chaudière classique produira de la chaleur avec du 90% PCI et 81% PCS au maximum. La différence est grande. Mais soyons plus concrets : par rapport aux "vieilles" chaudières, traditionnelles, l'économie sera de 20 à 35 % par rapport aux chaudières "modernes" traditionnelles.

Extrait d'articles : www.durable.com

Document 3

Constituants	Récupération d'énergie	masse (kg)	Cp (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	Δ(θ) (°C)	L(J.kg ⁻¹)	E récupérée (J)
CO ₂ (gaz)	de 200°C à 55°C	2,75	650			
N ₂ (gaz)	de 200°C à 55°C	14	730			
H ₂ O (gaz)	de 200°C à 100°C	2,25	1410			
H ₂ O (gaz-Liquide)	à 100°C	2,25			2,26.10 ⁶	
H ₂ O (liquide)	de 100°C à 20°C	2,25	4185			

Total en
MJ

.....