

Lycée Baimbridge, MP 2025-2026

à rendre pour le 9 octobre 2025

Physique Chimie

DM 5

Chauffage d'une maison (Adapté de CCINP TSI 2017)

Le sujet étudie différents dispositifs qui cherchent à améliorer le confort à l'intérieur d'une maison. La première partie s'intéresse à l'optimisation thermique d'une maison grâce à l'installation de doubles vitrages, la seconde partie étudie l'utilisation d'une pompe à chaleur et la dernière partie compare un poêle à éthanol à un poêle à bois. Les données numériques nécessaires à l'ensemble de l'exercice sont rassemblées ci-dessous.

- surface au sol : 80 m^2
- largeur : 8 m
- longueur : 10 m
- hauteur sous plafond: 3 m
- Tous les murs donnent sur l'extérieur.
- Température intérieure supposée uniforme : $T_0 = 20.0^\circ\text{C}$
- Température extérieure supposée uniforme : $T_0 = 5.0^\circ\text{C}$
- Capacité thermique de la maison : $C = 3.0 \times 10^5 \text{ J K}^{-1}$
- Puissance développée par la pompe à chaleur $P = 300 \text{ W}$
- Caractéristiques des éléments chimiques en présence :

éléments chimiques	H	C	O
masse molaire atomique (en g mol^{-1})	1.0	12.0	16.0
numéro atomique	1	6	8

- masse volumique de l'éthanol : $\rho = 0.80 \text{ g mL}^{-1}$

1 Choix d'un poêle

Pour chauffer une maison, on peut utiliser un poêle. On cherche ici à comparer l'effet chauffant d'un poêle à bois et d'un poêle à éthanol. Pour chauffer sa maison, Monsieur Dubois utilise 5 tonnes de bois sec par an. Un vendeur lui propose d'investir dans un poêle à éthanol utilisant un éthanol spécial chauffage. Monsieur Dubois reste sceptique sur ce type de chauffage et cherche à s'informer avant d'investir.

Document 1 : les réactions de combustion :

Les combustions sont des réactions avec le dioxygène, généralement celui de l'air (20% en volume), auxquelles se prêtent des corps dits "combustibles", comme le gaz naturel, le pétrole ou l'essence, le charbon, le bois, etc. Elles donnent le plus souvent comme produits de l'eau et du dioxyde de carbone. Elles s'accompagnent de la production de chaleur. Ces réactions présentent quelques particularités intéressantes. D'abord, ce sont des réactions non spontanées, qui, normalement, ne "démarront" pas toutes seules et doivent être amorcées mais qui se poursuivent ensuite d'elles-mêmes. Pour cet amorçage, on utilise habituellement une flamme (celle d'une allumette, par exemple) ou une étincelle (celle de la bougie d'un moteur, par exemple).
D'après Si la chimie m'était contée de Paul Arnaud. Éditions Belin. Janvier 2002.

Document 2 : Enthalpies standards de formation à $T = 298\text{ K}$ sous $P = 1\text{ bar}$

Composé	Enthalpie standard de formation $\Delta_f H^\circ$ (en J mol^{-1})
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O (l)}$	-3.0×10^5
$\text{CO}_2\text{ (g)}$	-4.0×10^5
$\text{H}_2\text{O (g)}$	-2.0×10^5

Document 3 : Pouvoir calorifique :

On appelle pouvoir calorifique inférieur (noté PCI) l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible à 298 K et 1 bar lorsque l'eau formée l'est sous forme vapeur. Le pouvoir calorifique d'un combustible est une grandeur positive car elle est définie par rapport à l'utilisateur. Par exemple, le pouvoir calorifique du bois est de 16 MJ kg^{-1} alors que le pouvoir calorifique de l'éthanol est de 25 MJ kg^{-1} .

□ 1 – En justifiant la réponse, donner la formule de Lewis du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau H_2O . On fera en particulier apparaître les doublets non liants.

□ 2 – Écrire l'équation de la réaction de combustion complète d'une mole d'éthanol liquide $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ avec le dioxygène de l'air pour donner du dioxyde de carbone gazeux et de la vapeur d'eau.

□ 3 – En appliquant la loi de Hess, déterminer la valeur de l'enthalpie standard de la réaction de combustion de l'éthanol à 298 K, notée $\Delta_r H^\circ$, en kJ mol^{-1} .

- 4 – Citer une phrase du document 1 qui corrobore un aspect du résultat de la question précédente. Indiquer le terme scientifique utilisé pour qualifier ce type de réaction.
- 5 – Montrer que le pouvoir calorifique de l'éthanol est bien égal à la valeur donnée dans le document 3 (page 6).
- 6 – De la combustion du bois ou de l'éthanol, laquelle de ces deux réactions libère le plus d'énergie par kilogramme de combustible? Justifier en vous appuyant sur une donnée fournie dans les documents.
- 7 – Sachant que le prix d'une tonne de bois sec est de 100 euros et qu'un litre d'éthanol coûte environ 1,50 euros, déterminer si M. Dubois ferait des économies s'il décidait de se chauffer à l'éthanol.

2 Utilisation d'une pompe à chaleur

On peut aussi utiliser une pompe à chaleur, qui est une alternative plus écologique aux combustibles fossiles. On suppose donc désormais que la maison de Mr Dubois est chauffée grâce à une pompe à chaleur cyclique ditherme, ce qui permet notamment de compenser les pertes thermiques de la maison.

L'intérieur de la maison tient lieu de source chaude à la température T_0 et l'extérieur de la maison tient lieu de source froide à la température T_1 . Le système considéré est alors le fluide caloporteur contenu dans la pompe à chaleur. Les transformations qu'il subit sont supposées réversibles.

On suppose pour le moment qu'il n'y a aucune perte thermique entre la maison et l'extérieur.

- 8 – Faire un schéma de principe de la pompe à chaleur en représentant le système fluide, la source chaude, la source froide, le travail W fourni au fluide par le moteur de la pompe à chaleur et les transferts thermiques Q_C et Q_F , reçus algébriquement par le fluide de la part, respectivement, de la source chaude et de la source froide. On précisera le signe de ces transferts algébriques.

- 9 – L'efficacité ϵ d'une pompe à chaleur est donnée par le rapport :

$$\epsilon = \frac{-Q_C}{W} \quad (1)$$

Justifier cette expression.

- 10 – En appliquant les deux principes de la thermodynamique au fluide, exprimer l'efficacité de la pompe à chaleur en fonction de T_0 et T_1 . Calculer numériquement ϵ .

Le système pris en compte maintenant est l'air contenu à l'intérieur de la maison. On ne considère comme échanges d'énergie que le transfert thermique Q_C apporté par la pompe à chaleur et le transfert thermique Q' dû aux déperditions d'énergies.

On ne considère plus le régime comme stationnaire. On cherche ici à évaluer les pertes thermiques. On note $\delta Q' = -aC(T - T_1)dt$ le transfert thermique algébrique et élémentaire avec l'extérieur pendant dt , avec C la capacité thermique à pression constante de l'air contenu dans la pièce et a une constante positive. La température de la pièce étant initialement T_0 , la pompe est arrêtée. La pièce se refroidit et la température tombe à $T_f = 15^\circ C$ au bout de trois heures.

□ **11** – Commenter le signe de $\delta Q'$. Qui reçoit effectivement ce transfert thermique?

□ **12** – Déterminer l'unité de a .

□ **13** – En faisant un bilan énergétique sur l'intérieur de la maison, **la pompe à chaleur étant éteinte**, montrer qu'on obtient une équation différentielle du premier ordre sur la température de la forme :

$$\frac{dT}{dt} + aT(t) = B \quad (2)$$

avec B une constante à déterminer.

□ **14** – Résoudre cette équation pour exprimer l'évolution de $T(t)$.

□ **15** – En déduire l'expression de a en fonction des données fournies par l'énoncé. Faire l'application numérique.

Pour la suite, on prendra $a = 4 \times 10^{-5}$ USI. Une fois la température T_f atteinte, on met de nouveau en marche la pompe à chaleur.

□ **16** – Donner la relation liant la puissance P développée par le moteur de la pompe au travail δW fourni par celui-ci pendant une durée dt .

□ **17** – Déterminer la nouvelle équation différentielle portant sur $T(t)$. Cette équation ne fera apparaître que T , T_1 , a , C et P . *Plus difficile : Déterminer littéralement la puissance que doit fournir la pompe afin que la température atteinte à l'intérieur de la maison soit T_0 .*