



# L'énergie chimique

## Exercices de synthèse

$\Delta_f H_{298}^\circ$  en  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

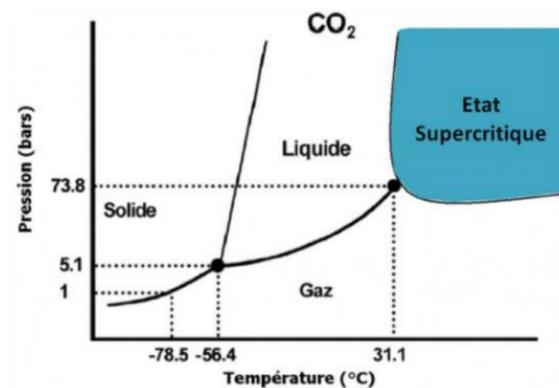
$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{C}_7\text{H}_{16}(\text{g})$
-74,8	-110,5	-241,8	-393,5	0	0	163,0

### Les diagrammes d'état

#### Exercice 1 :

On donne ci-contre le diagramme d'état du dioxyde de carbone.

- 1) Quel est l'état physique du dioxyde de carbone dans les conditions standards ( $T = 298 \text{ K} = 25^\circ\text{C}$  ;  $P = 1,0 \text{ bar}$ ) puis à **70 bars et  $25^\circ\text{C}$** ?
- 2) Donner les coordonnées du point triple.
- 3) La carboglace est le nom donné au dioxyde de carbone solide. Qu'observe-t-on si on place de la carboglace à température et pression ambiante ( $\approx 1 \text{ bar}$ )?

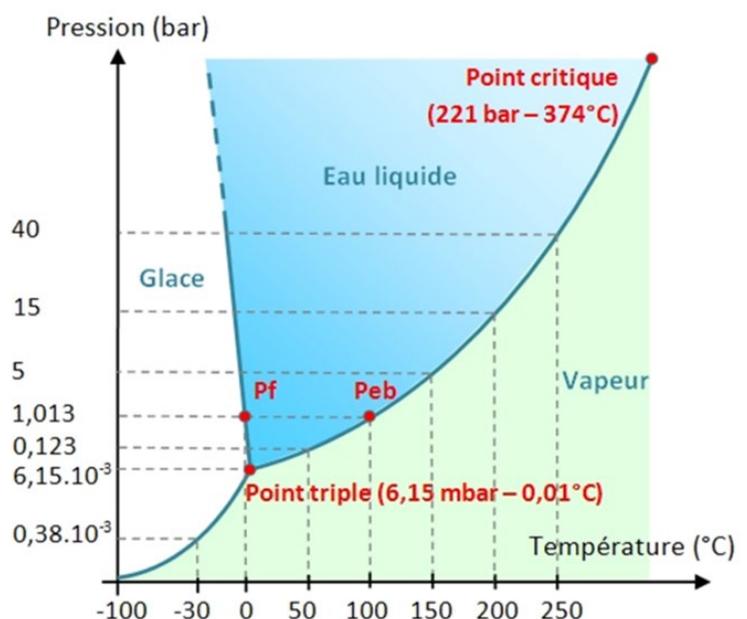


#### Exercice 2 :

On donne ci-contre le diagramme d'état de l'eau :

Attention pour la lecture graphique : L'axe des ordonnées n'est pas gradué linéairement.

- 1) Que peut-on dire de l'état de l'eau au point triple ? Que se passe-t-il à partir du point critique ?
- 2) A une pression de 40 bar, quelle est la température de fusion de l'eau ? Quelle est sa température d'ébullition ?
- 3) A la température de  $-10^\circ\text{C}$ , dans quel intervalle de pression l'eau est-elle solide ? Liquide ? Gazeuse ?
- 4) Quel est l'état de l'eau à une température de  $200^\circ\text{C}$ , sous une pression de 30 bar ?



## Chauffage sans changement d'état

<i>capacité calorifique de l'eau</i>	<i>Masse volumique de l'eau</i>
$C_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$	$\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ g.mL}^{-1} = 1 \text{ kg.L}^{-1}$

### Exercice 3 :

Pendant 6,0 heures de fonctionnement, un chauffe-eau électrique permet d'élever de 50°C la température de 150 litres d'eau

- 1) Calculer l'énergie thermique nécessaire pour élever de 50°C, la température des 150 L d'eau
- 2) A cause d'un défaut d'isolation, le rendement du chauffe-eau est de 90 % ;  
- Calculer l'énergie électrique reçue par le chauffe-eau ; exprimer le résultat en kJ puis en kWh

Rappel : 1 W.h = 3600 J = 3,6 kJ

- 3) Calculer la puissance électrique du chauffe-eau ; rappel :  $E_{\text{elec}} (J) = P_{\text{elec}} (W) \times \Delta t (s)$
- 4) Calculer le prix de ce chauffage sachant que le prix du kWh est d'environ 0,11 euro

### Exercice 4 :

Le capteur d'un chauffe-eau solaire reçoit par jour une énergie rayonnée de 16,8 MJ/m<sup>2</sup>. Son rendement est de 50%.

On désire déterminer la surface du capteur permettant de chauffer quotidiennement l'eau d'un chauffe-eau de 200 L.

- 1) Calculer l'énergie thermique qu'il faut fournir à 200 L d'eau pour la faire passer de 20°C à 60°C
- 2) Calculer l'énergie solaire que doit recevoir le capteur solaire de rendement 50%.
- 3) Calculer la surface que doit avoir le capteur solaire

### Exercice 5 :

Par ciel bleu et clair, le rayonnement solaire disponible peut atteindre 1000 W/m<sup>2</sup>

- 1) Déterminer la puissance solaire que reçoit un chauffe-eau solaire rectangulaire de dimensions 1,50 m x 1,60 m
- 2) Le rendement du chauffe-eau est de 30%. Montrer que la puissance thermique du chauffe-eau est de 720 W.
- 3) Quelle énergie thermique est disponible au bout de 2 heures de fonctionnement ? Exprimer cette énergie en joule.
- 4) Le débit du fluide caloporteur dans le capteur est de 20L/h. On considère que le fluide caloporteur est de l'eau.  
- Quel volume de fluide circule dans le panneau durant 2 heures ? En déduire la masse de fluide correspondante.  
- Déterminer l'élévation de température du fluide au bout de ces 2 heures.

## Les changements d'état

### Exercice 6 :

Quelqu'un d'un peu étourdi va répondre au téléphone et oublie une casserole d'eau en train de chauffer. La plaque à induction a une puissance de 1500 W. La casserole contient  $V = 0,5$  L. Lorsque la personne part, l'eau entre juste en ébullition. Elle revient 20 minutes plus tard. Restera-t-il de l'eau dans la casserole ?

Données :  $\Delta H_{vap}^0(eau) = 2257 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ;  $\rho(eau) = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$

Remarque :  $\Delta H_{vap}^0(eau)$  est également noté  $L_{vap}(eau)$  (*chaleur latente de vaporisation*).

- 1) Calculer  $E_{elec}$ , la quantité d'énergie électrique fournie par la plaque, puis  $E_{ther}$ , la quantité d'énergie thermique reçue par l'eau, en suppose que le rendement de la plaque à induction est de 90%.
- 2) Rappeler la relation entre l'énergie, Q, la masse et l'enthalpie standard de vaporisation.
- 3) Calculer la masse d'eau vaporisée pendant les vingt minutes.
- 4) Reste-t-il de l'eau dans la casserole lorsque la personne revient ?

### Exercice 7 :

Un four microonde de puissance  $P = 800 \text{ W}$  est employé pour décongeler une soupe, de masse  $m = 400\text{g}$ , sortie du congélateur à une température  $T_1 = -20^\circ\text{C}$ . La soupe sera assimilée à de l'eau. On souhaite déterminer le temps nécessaire pour amener cette soupe à l'état liquide à une température de  $80^\circ\text{C}$ .

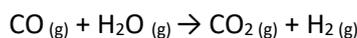
Données :  $\Delta H_{fus}^0(eau) = 334 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ;  $C_{glace} = 2.22 \text{ kJ.kg}^{-1} .\text{K}^{-1}$  ;  $C_{eau} = 4.18 \text{ kJ.kg}^{-1} .\text{K}^{-1}$

- 1) Représenter l'allure de la courbe de l'évolution de la température de l'eau en fonction du temps depuis son état initial (glace à  $-18^\circ\text{C}$ ) à son état final (eau liquide à  $80^\circ\text{C}$ ). Combien de parties distinctes possède cette courbe ?
- 2) Déterminer  $Q_1$  l'énergie nécessaire pour faire passer la glace de  $T_1 = -20^\circ\text{C}$  à  $T_2 = 0^\circ\text{C}$ .
- 3) Déterminer  $Q_2$  l'énergie nécessaire à la fusion de la glace à  $T_2 = 0^\circ\text{C}$ .
- 4) Déterminer  $Q_3$  l'énergie nécessaire pour amener la soupe, à l'état liquide, de  $T_2$  à  $T_3 = 80^\circ\text{C}$ .
- 5) Calculer la durée nécessaire à l'ensemble de ces trois opérations.

## Enthalpie de réaction

### Exercice 8 :

On étudie dans les conditions standards la réaction en phase gaz d'équation :



- 1) Rappeler la définition de l'enthalpie standard de réaction et de l'enthalpie standard de formation
- 2) Donner l'expression littérale de l'enthalpie standard de la réaction dont l'équation est écrite ci-dessus, puis calculer sa valeur
- 3) La réaction est-elle exothermique ou endothermique ?

## Les combustions

### Exercice 9 :

- 1) Ecrire l'équation de combustion complète du méthane gazeux.
- 2) Calculer l'enthalpie standard de réaction de cette combustion.
- 3) On réalise la combustion complète de 20.0g de méthane en présence d'un excès de dioxygène.
  - 3.1. Calculer la quantité de matière initiale de méthane.  $M_{\text{méthane}} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$
  - 3.2. Déterminer les quantités de matière des produits formés en état final.

### Exercice 10 :

En cas de panne, un hôpital est équipé de plusieurs groupes électrogènes. Ces groupes prennent le relai et produisent de l'électricité en brûlant du fuel, la puissance étant de 9000 kW.

Le volume de la cuve à fuel est de  $40 \text{ m}^3$ .

L'enthalpie massique de combustion du fuel est  $\Delta_r H_{\text{massique}}^\circ = -43 \text{ MJ.kg}^{-1}$ . Le fuel contient principalement des hydrocarbures saturés lourds de densité 0,73 (qui pourront être assimilés au décane de formule  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ ).

**Données :**  $M_{\text{decane}} = 142 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g.mol}^{-1}$  ; Masse volumique du fuel :  $r_{\text{fuel}} = 0,73 \text{ kg.L}^{-1}$

- 1) Calculer la masse de fuel dans la cuve ( rappel  $1\text{m}^3 = 10^3 \text{ L}$ )
- 2) Calculer l'énergie libérée par la combustion de la totalité du fuel
- 3) Calculer la durée pendant laquelle le groupe électrogène peut fonctionner en continu.
- 4) On estime que pendant 1 h,  $1 \text{ m}^3$  de fuel est brûlé.
  - 4.1. Ecrire l'équation de combustion du décane
  - 4.2. Calculer la quantité de matière de décane brûlé par heure
  - 4.3. En utilisant les coefficients stœchiométriques de l'équation de combustion, calculer la quantité de matière, puis la masse de  $\text{CO}_2$  qui se dégage pendant 1 h de marche du groupe électrogène.

## Le pouvoir calorifique

### Exercice 11 :

Chaudière au propane ou poêle à granulés, une famille ne sait quel choix effectuer pour remplacer le système de chauffage de leur habitation. En utilisant les tarifs en vigueur pour ces différents combustibles, on souhaite proposer un argumentaire à cette famille pour déterminer le combustible le moins onéreux à l'utilisation. Pour cela, on raisonnera sur un budget de 1000 €.

Combustible	Propane	Bois
Pouvoir Calorifique ( $\text{MJ.kg}^{-1}$ )	50	20
Prix à la tonne en €	1500	250

- 1) Indiquer la masse de combustible que l'on peut acquérir dans chaque cas avec ce budget là.
- 2) Calculer l'énergie libérée par la combustion de chacune des masses de combustible déterminées précédemment.

3) En réalité, le rendement d'une chaudière au propane est de 90 %, celle d'un poêle à granulés est de 80 %. Calculer l'énergie réellement récupérée

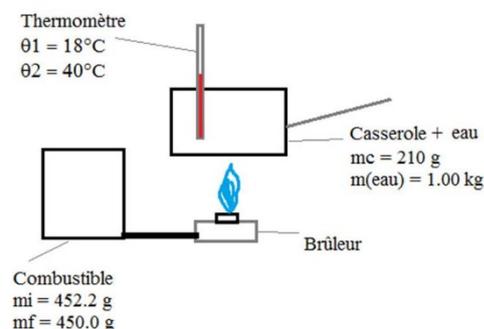
4) Rédiger un petit paragraphe conseillant la famille quant au choix du mode de chauffage à partir des résultats précédents.

### Exercice 12 :

On souhaite déterminer l'enthalpie de combustion de l'heptane ( $C_7H_{16}$ ) principal constituant de l'essence sans plomb. Pour cela on a réalisé l'expérience suivante :

On emploie un brûleur alimenté par de l'heptane stocké dans un réservoir attendant. L'heptane est à l'état gazeux au moment de la combustion. Le brûleur chauffe une casserole d'eau en aluminium contenant 1,00 L d'eau.

Au début de l'expérience l'eau et la casserole sont à une température  $\theta_1 = 18^\circ C$ , à la fin de l'expérience la nouvelle température de l'eau et de la casserole est  $\theta_2 = 40^\circ C$ .



Masse du réservoir d'heptane en début d'expérience : 452,2 g	Masse du réservoir d'heptane en fin d'expérience : 450 g	Masse de la casserole : $m_C = 210$ g
$C_{eau} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ $C_{Al} = 0,900 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$	$\rho_{eau} = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$	$M_{heptane} = 100,0 \text{ g.mol}^{-1}$

### Partie expérimentale :

- 1) Dans cette expérience, qui est le combustible et qui est le comburant ?
- 2) Déterminer  $Q$ , la chaleur reçue par l'ensemble casserole + eau, au cours de cette expérience lorsque la température de l'ensemble passe de  $\theta_1$  à  $\theta_2$ . Donner une expression littérale et effectuer le calcul.
- 3) Déterminer la masse puis la quantité de matière d'heptane brûlé
- 4) En considérant que toute l'énergie a été transférée à la casserole en déduire l'enthalpie de la réaction de combustion de l'heptane gazeux (notée  $\Delta_r H_{comb}^0$ ) déterminée expérimentalement, exprimée en  $\text{J.mol}^{-1}$ . Préciser le signe de cette enthalpie.
- 5) Quelle sont les sources d'erreur possibles au cours de cette expérience ?

### Partie théorique :

- 6) Ecrire l'équation de la réaction de combustion complète, équilibrée, de l'heptane gazeux.
- 7) Etablir l'expression littérale de l'enthalpie de réaction de combustion de l'heptane gazeux, puis calculer sa valeur
- 8) Déterminer les quantités de matière d'eau et de dioxyde de carbone formés lorsqu'on réalise la combustion de  $m = 2,2$  g d'heptane.
- 9) En déduire la masse de dioxyde de carbone formée lors de la combustion des 2,2 g d'heptane.  $M_{CO_2} = 44 \text{ g.mol}^{-1}$
- 10) Un réservoir de véhicule contient 45 kg d'heptane, son autonomie est de 800 km.
  - Quelle masse de dioxyde de carbone a-t-il libéré en roulant 800 km ?
  - En déduire son taux d'émission de dioxyde de carbone par kilomètre en  $\text{g.km}^{-1}$ .