

## Seconde Générale et Technologique

### Physique-Chimie | Chapitre 6 : Transformation physique

#### Enoncés des exercices

Les exercices sont classés en trois niveaux de difficulté :

- ★ Exercices d'application : comprendre les notions essentielles du cours
- ★★ Exercices d'entraînement : prendre les bons réflexes
- ★★★ Exercices d'approfondissement : aller plus loin

Exercices gratuits	Exercices sur abonnement*
★ 1	★ 2 – 3 – 4 – 5 – 6
★★ 7	★★ 8 – 9 – 10 – 11 – 12
★★★ 13	★★★ 14 – 15 – 16 – 17 – 18

#### Exercice 1 ★

##### Des changements d'état au service des sportifs

Afin d'optimiser ses efforts, un sportif doit veiller à ne pas atteindre l'hyperthermie ou ne pas tomber en hypothermie.

Le principe régulateur naturel de la température est basé sur transpiration.

Il est également possible d'utiliser des textiles thermorégulateurs dont les fibres sont associées à des capsules de cire.

En cas de choc, on utilise souvent une « bombe de froid » afin de soulager la douleur.

##### Données :

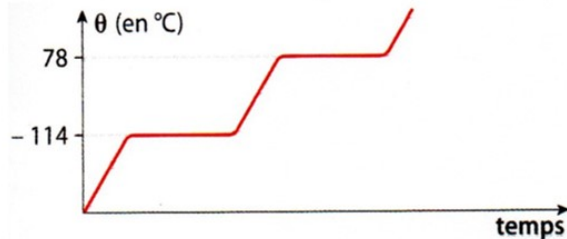
- Température de fusion de la cire : entre 22°C et 35°C
- La bombe de froid contient du propane liquide sous pression qui se vaporise au contact de la peau.
- Chaleur latente de vaporisation du propane :  $L_{\text{vap}} = 425 \text{ kJ.kg}^{-1}$

1. Déterminer l'espèce chimique qui change d'état dans la régulation naturelle de la température corporelle. Ecrire l'équation de cette transformation.
2. Cette transformation physique est-elle endothermique ou exothermique ? En quoi permet-elle de réguler la température corporelle ?
3. La cire contenue dans les capsules du textile thermorégulateur est-elle un corps pur ? Justifier.
4. Expliquer comment ce textile rafraîchit par temps chaud et réchauffe par temps froid.
5. Expliquer la sensation de froid ressentie lorsqu'on utilise une « bombe de froid ».
6. Calculer l'énergie échangée par la vaporisation de 25 g de propane.

## Exercice 2 \* ★

### Changement d'état de l'éthanol

Le graphique suivant représente, à pression atmosphérique constante, l'évolution de la température au cours du temps lors du chauffage de l'éthanol  $C_2H_6O$  initialement à l'état solide.



1° Interpréter ce graphique, en précisant l'état physique de l'éthanol sur chacune des portions horizontales du graphique.

2° Indiquer le sens du transfert thermique lors des deux changements d'état et préciser si ces changements d'état sont exothermiques ou endothermiques.

## Exercice 3 \* ★

### Recyclage de canettes

Une énergie de 5240 J est nécessaire pour faire fondre une canette en aluminium.

Données :

*Symbole de l'aluminium : Al*

*Masse de la canette :  $m = 13,2 \text{ g}$ .*

- 1) Ecrire l'équation de la transformation de l'aluminium.
- 2) Exprimer puis calculer l'énergie massique de fusion  $L_{\text{fus}}$  de l'aluminium, en  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
- 3) La transformation étudiée est-elle exothermique ou endothermique ? Justifier.



## Exercice 4 \* ★

### Formation de la buée

Lorsqu'il fait froid dehors, il apparaît souvent de la buée sur les vitres de nos maisons.

Il est alors possible de recueillir les gouttelettes d'eau ainsi formées.

Sur une fenêtre, on récolte  $m_{\text{eau}} = 1,5 \text{ g}$

Données :

- Energie massique de vaporisation de l'eau :  $L_{\text{vap}} = 2260 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$



1. Comment nomme-t-on le changement d'état qui a lieu au niveau de la vitre ?
2. Ecrire l'équation de cette transformation physique.
3. Au cours de cette transformation, l'eau a-t-elle fourni ou reçu de l'énergie ? Comment qualifie-t-on cette transformation ?
4. Calculer l'énergie échangée par l'eau recueillie sur la vitre.

### Exercice 5 \* ★

#### Energie massique

L'énergie massique de vaporisation de l'eau est  $L_{\text{vaporisation}} = 2,2 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

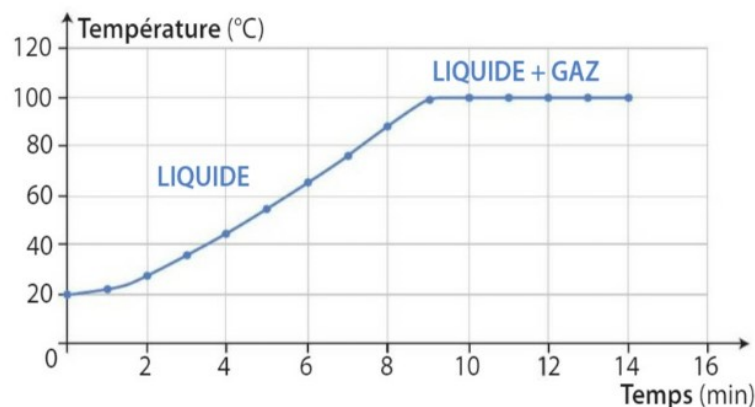
1° Déterminer l'énergie que doit échanger l'eau avec le milieu extérieur lors de la vaporisation d'une masse de 200 g d'eau.

2° Identifier le caractère endothermique ou exothermique de ce changement d'état.

### Exercice 6 \* ★

#### Analyser une courbe de changement d'état

Voici le graphique représentant l'évolution de la température d'un corps au cours du temps :



- 1) Quel changement d'état décrit cette courbe ?
- 2) Indiquer sur le graphique la température de changement d'état correspondante.
- 3) Cette courbe pourrait-elle correspondre au changement d'état d'un mélange ? Justifier.

### Exercice 7 ★★

#### Température d'un mélange

Dans un calorimètre contenant 250 g d'eau à la température de 25°C, on plonge 25 g de glace à -18°C. On ferme rapidement le calorimètre et on attend que la température du système {eau initiale + calorimètre + eau du glaçon} se stabilise.

Un calorimètre est thermiquement isolé, ainsi la somme des échanges thermiques pour le système est nulle.



#### Données :

- Température finale du système {eau initiale + calorimètre + eau du glaçon} :  $T_f = 15^\circ\text{C}$
- Energie nécessaire pour modifier la température de  $1^\circ\text{C}$  :
  - 1 g d'eau liquide : 4,18 J
  - 1 g de glace : 2,06 J
  - le calorimètre : 7,94 J

1. Quels sont les signes des énergies échangées par l'eau liquide ( $Q_1$ ), par le calorimètre ( $Q_2$ ), par le glaçon avant sa fusion ( $Q_3$ ), par le glaçon en cours de fusion ( $Q_4$ ) et par l'eau liquide issue de la fusion du glaçon ( $Q_5$ ).
2. Calculer les énergies  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  et  $Q_5$ .
3. Donner l'expression de l'énergie  $Q_4$ .
4. En déduire la valeur expérimentale de la chaleur latente de fusion de la glace  $L_{\text{fusion}}$ .
5. La valeur théorique de  $L_{\text{fusion}}$  est  $333 \text{ J.g}^{-1}$ . Proposer des hypothèses pour expliquer cet écart.



### Exercice 8 \*★★

#### Fonte des glaciers

La réduction de la superficie des glaciers, la fonte de la calotte glaciaire, le recul de la banquise et la disparition des icebergs est la conséquence la plus visible du réchauffement climatique. Le volume de glace perdu depuis 1992 a été en moyenne de 90 milliards de  $\text{m}^3$  par an.

1° Calculer le volume de glace perdue entre 1992 et 2011.

2° En déduire la masse de glace qui a changée d'état entre 1992 et 2011.

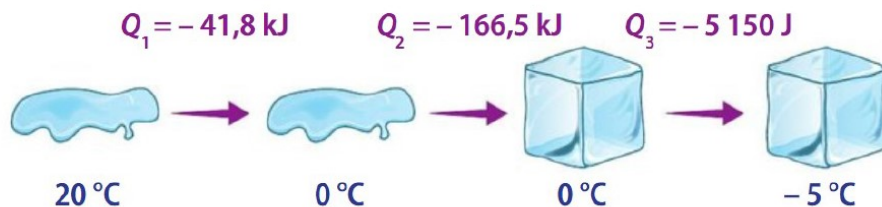
3° Calculer l'énergie  $Q$  échangée par transfert thermique lors de la fonte de la glace.

*Données : masse volumique de la glace  $\rho_{\text{glace}} = 9,20 \times 10^2 \text{ kg.m}^{-3}$  ; énergie massique de fusion de la glace  $L_{\text{fusion}} = 314 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .*

### Exercice 9 \*★★

#### Ca gèle !

On considère qu'une masse de 500 g d'eau liquide est refroidie suivant la transformation schématisée ci-dessous :



Données :

*Energie massique de solidification de l'eau :  $L_{\text{sol}} = -333 \text{ kJ.kg}^{-1}$*

- 1) Tracer l'allure de l'évolution de la température en fonction du temps lorsque l'eau passe de  $20^\circ\text{C}$  à  $-5^\circ\text{C}$ .
- 2) Commenter le signe des énergies transférées lors de cette opération.
- 3) Exprimer puis retrouver l'énergie  $Q_2$  transférée uniquement lors du changement d'état de l'eau.
- 4) Déterminer l'énergie totale transférée lorsque l'eau passe de  $20^\circ\text{C}$  à  $-5^\circ\text{C}$ .

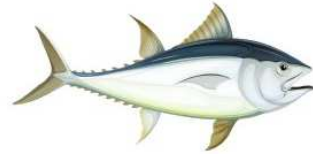
## Exercice 10 \* ★★

### Il est frais mon poisson !

Pour être conservé, le thon pêché en mer à la température initiale  $T_1 = 14^\circ\text{C}$  doit être congelé à la température  $T_2 = -18^\circ\text{C}$ .

Le processus se décompose en 3 étapes :

(1) le refroidissement du poisson frais ; (2) la congélation du poisson ; (3) le refroidissement du poisson congelé.



#### Données :

- Température de solidification du thon :  $T_{\text{sol}} = -2,2^\circ\text{C}$
- Capacité thermique du thon frais :  $c_1 = 3,5 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$
- Capacité thermique du thon congelé :  $c_2 = 1,7 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$
- Energie massique de solidification du thon :  $L_{\text{sol}} = -2,6.10^2 \text{ kJ.kg}^{-1}$
- Energie transférée lors d'une variation de température sans changement d'état :  
 $Q = m \times c \times (T_{\text{final}} - T_{\text{initial}})$  avec  $c$  : capacité thermique

1. Préciser si les étapes (1), (2) et (3) sont exothermiques ou endothermiques. Justifier.
2. Calculer l'énergie échangée par 2,0 tonnes de thon pour chacune des étapes.
3. Quel pourcentage d'énergie représente le changement d'état du poisson dans la totalité du processus de congélation ?

## Exercice 11 \* ★★

### Le diazote

Le diazote est utilisé dans la cryogénie alimentaire qui permet soit de refroidir ou d'effectuer une surgélation des produits alimentaires très rapidement.

Son énergie massique de liquéfaction est  $L_{\text{liquéfaction}} = -99 \text{ kJ.kg}^{-1}$  à  $\theta = -196^\circ\text{C}$  sous la pression atmosphérique.

1° Justifier la valeur négative de l'énergie massique de liquéfaction du diazote.

2° En déduire la valeur de l'énergie massique de vaporisation du diazote dans les mêmes conditions.

On dispose d'une bombonne de stockage de l'azote liquide de 3,0 L.

3° Calculer la quantité d'énergie  $Q$  libérée lors de la vaporisation de la totalité du diazote contenu dans la bombonne.

4° Calculer la masse d'eau, prise à  $100^\circ\text{C}$  qui peut être vaporisée par un apport de la même quantité d'énergie.

Données : *masse volumique du diazote liquide*  $\rho = 0,81 \text{ kg.L}^{-1}$  ; *énergie massique de vaporisation de l'eau*  $L = 2,3 \times 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$ .

## Exercice 12 \* ★★

### Conservation des aliments

La congélation d'un liquide pur se produit à une température précise :  $0^{\circ}\text{C}$  pour l'eau pure sous une pression de 1 bar. Lorsqu'il fait chaud, l'existence de ce plateau au point de congélation est fort utile : il suffit de mettre un corps en contact avec une grande quantité de glace pour maintenir sa température à  $0^{\circ}\text{C}$ . A l'inverse, le plateau de congélation nous protège du froid : quand ils voulaient éviter que les denrées ne gèlent, les anciens disposaient, dans leur cellier, de grands baquets d'eau. Tant que leur contenu n'était pas entièrement transformé en glace, la température du cellier ne descendait pas au-dessous de  $0^{\circ}\text{C}$ .

D'après *Les lois du monde*, R. LEHOUCQ, J.-M. COURTY, E. KIERLIK, 2003, Editions Belin, Pour la Science.

#### Données :

Energie massique de fusion de l'eau :  $L_{\text{fus}} = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ;

Energie libérée par un radiateur :  $E = -P \times \Delta t$  avec  $P$  exprimée en watt ( $W$ ) ;

$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$  ;

Masse volumique de l'eau :  $\mu_{\text{eau}} = 1,00 \text{ kg.L}^{-1}$ .

- 1) De l'énergie est-elle reçue ou libérée par l'eau lorsqu'elle gèle dans le baquet ?
- 2) Calculer alors l'énergie transférée lors de la congélation de 20 L d'eau liquide.
- 3) Calculer, en kJ, l'énergie libérée par un radiateur de 2,0 kW fonctionnant pendant 1,0 h.
- 4) Expliquer alors l'usage des baquets d'eau par les anciens.

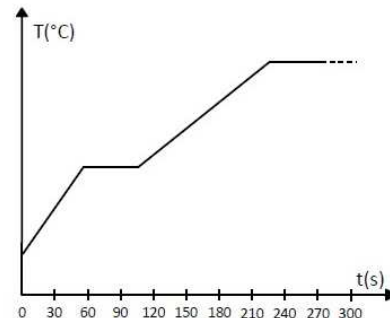
## Exercice 13 ★★

### Le feu sous la glace !

On place 150 g de glace pilée dans une casserole que l'on place ensuite sur le feu d'une gazinière. On suit l'évolution des transformations en mesurant la température du système au cours du temps. On obtient le graphique ci-contre.

#### Données :

- Chaleurs latentes de changement d'état de l'eau :  
 $L_{\text{solidification}} = -333 \text{ kJ.mol}^{-1}$  ;  $L_{\text{condensation}} = -2257 \text{ kJ.mol}^{-1}$
- Relation entre énergie  $Q$  et puissance  $P$  :  $Q = P \times \Delta t$  avec  $\Delta t$  durée en s.



1. Compléter le graphique en indiquant le nom des états de l'eau pour chaque portion de droite ainsi que le nom et les températures des changements d'état.
2. Préciser si ces changements d'état sont exothermiques ou endothermiques.
3. Calculer l'énergie échangée par l'eau au cours du premier changement d'état.
4. En exploitant le graphique, déterminer la durée de ce premier changement d'état.
5. En déduire la puissance de chauffage du feu de la gazinière si l'on néglige les pertes thermiques.
6. En supposant la puissance de chauffage constante, déterminer la durée du second changement d'état.



### Exercice 14 \*★★★★

#### Ballon d'eau chaude

Un ballon d'eau chaude électrique a une capacité de 240 L. Le réchauffage de l'eau s'effectue en tarif de nuit de 22 h 30 à 6 h 30. L'eau est portée de la température  $\theta_i = 10,0^\circ \text{C}$  à la température  $\theta_f = 85,0^\circ \text{C}$ .

L'énergie  $Q$  échangée par un corps de masse  $m$  (en kg) qui subit une variation de température  $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$  (en  $^\circ\text{C}$ ) sans changement d'état est  $Q = m.c.\Delta\theta$ .

1° Calculer l'énergie  $Q$  nécessaire au chauffage de l'eau du ballon.

2° Calculer la puissance électrique minimale du chauffe-eau.

3° Calculer le coût de l'opération, sachant qu'E.D.F facture un tarif de nuit à 0,0581 € le kWh.

*Données : la capacité thermique massique de l'eau :  $c = 4186 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  ; la masse volumique de l'eau  $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ; puissance électrique  $P = Q/\Delta t$  avec  $\Delta t$  en s ;  $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$ .*

### Exercice 15 \*★★★★

#### La fusion du fer

Le fer peut être obtenu à partir de ferrailles de récupération. On chauffe pour cela ces ferrailles dans un four électrique pouvant en contenir jusqu'à 160 tonnes. On obtient alors du fer liquide, prêt à être coulé, refroidi et découpé en blocs.



Données :

*Température de fusion du fer :  $\theta_{\text{fus Fe}} = 1535^\circ\text{C}$*

*Energie nécessaire pour que 160 tonnes de fer passent de  $20^\circ\text{C}$  à  $1535^\circ\text{C}$ , sans changement d'état :  $Q_1 = 1,1 \cdot 10^{11} \text{ J}$ .*

*Energie massique de fusion du fer :  $L_{\text{fus}} = 270 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$*

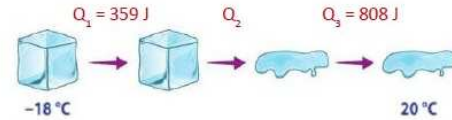
*$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$ .*

- 1) Ecrire l'équation de la transformation du fer.
- 2) Exprimer puis calculer l'énergie  $Q_2$  transférée uniquement lors du changement d'état du fer.
- 3) Exprimer puis calculer, en kWh, l'énergie que doit fournir le four pour réaliser cette opération.
- 4) Comparer alors cette énergie à la consommation électrique d'une habitation estimée à 43kWh/jour.

## Exercice 16 \* ★★★★★

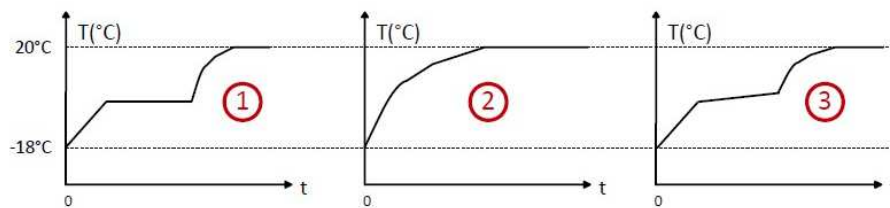
### Fonte d'un glaçon salé

On place un glaçon d'eau de mer de 10,0 g, initialement à la température de  $-18^{\circ}\text{C}$ , dans un verre vide, situé dans une pièce à  $20^{\circ}\text{C}$ . L'évolution du glaçon est représentée ci-contre.



#### Données :

- Masse volumique de l'eau de mer à  $20^{\circ}\text{C}$  :  $\rho = 1,021 \text{ g.mL}^{-1}$
- Energie totale échangée :  $Q_{\text{totale}} = 4527 \text{ J}$



1. Choisir parmi les 3 propositions ci-dessus, l'évolution correcte de la température. Justifier.
2. Nommer la transformation physique qui a eu lieu et écrire l'équation correspondante.
3. Justifier le signe des énergies transférées  $Q_1$ ,  $Q_3$  et  $Q_{\text{totale}}$ .
4. Exprimer  $Q_2$  en fonction de la masse du glaçon  $m$  et de l'énergie massique de fusion  $L_{\text{fus}}$ .
5. En déduire  $L_{\text{fus}}$ .
6. Quel volume d'eau salée récupère-t-on dans le verre mesureur à la fin de l'expérience ?

## Exercice 17 \* ★★★★★

### Œufs à la coque

Pour obtenir des œufs à la coque, avec un blanc bien cuit et un jaune parfaitement coulant, l'eau de cuisson doit idéalement être à une température de  $\theta_{\text{final}} = 65^{\circ}\text{C}$ .

1° Quelle doit être l'énergie thermique  $Q$  transférée à 2,0 litres d'eau initialement à une température de  $20^{\circ}\text{C}$  pour qu'elle atteigne la température idéale de cuisson ?

On dispose d'un volume  $V_{\text{froide}} = 2,0$  litres d'eau froide (température ambiante  $\theta_{\text{initial}} = 20^{\circ}\text{C}$ ) et d'un volume  $V_{\text{chaude}} = 5$  litres d'eau juste bouillante  $\theta'_{\text{initial}} = 100^{\circ}\text{C}$ , mais on n'a pas d'autre système de chauffage. On propose de mélanger l'eau froide et l'eau bouillante pour obtenir la bonne température.

2° Exprimer l'énergie  $Q_1$  échangée par l'eau froide en se réchauffant en fonction de  $m_1$  (masse d'eau froide),  $c$ ,  $\theta_{\text{initial}}$  et  $\theta_{\text{final}}$ .

3° Exprimer l'énergie  $Q_2$  échangée par l'eau bouillante en se refroidissant en fonction de  $m_2$  (masse d'eau bouillante),  $c$ ,  $\theta'_{\text{initial}}$  et  $\theta_{\text{final}}$ .

4° Sachant que  $Q_1 + Q_2 = 0 \text{ J}$  quel volume d'eau bouillante doit-on ajouter à l'eau froide pour atteindre la température idéale ?

Données : L'énergie  $Q$  échangée par un corps de masse  $m$  (en kg) qui subit une variation de température  $\Delta\theta = \theta_{\text{final}} - \theta_{\text{initial}}$  (en  $^{\circ}\text{C}$ ) sans changement d'état est  $Q = m.c.\Delta\theta$  ; la capacité thermique massique de l'eau :  $c = 4186 \text{ J.}^{\circ}\text{C}^{-1}.\text{kg}^{-1}$  ; la masse volumique de l'eau  $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ .



## Exercice 18 \* ★★★★★

### Garçon, lait chaud !

Un client commande un lait chaud dans un café. Le serveur réchauffe alors 200 mL de lait en y injectant de la vapeur d'eau à 120,0°C. Le lait passe ainsi de 10,0 °C à 60,0°C.

On considérera que les transferts thermiques se font uniquement entre la vapeur d'eau et le lait et que toute la vapeur d'eau injectée devient liquide et refroidit jusqu'à 60,0°C.



#### Données :

Masse volumique du lait :  $\mu_{\text{lait}} = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$  ;

Energie massique de liquéfaction de l'eau :  $L_{\text{liq}} = -2257 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ;

Energie transférée lors d'une variation de température  $\Delta\theta$ , sans changement d'état, de la masse  $m$  d'un corps de capacité thermique massique  $c$  :  $Q = m \times c \times \Delta\theta$  ;

Capacité thermique massique de la vapeur d'eau :  $c_{\text{eau (g)}} = 1,89 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$  ;

Capacité thermique massique du lait et de l'eau liquides :  $c_{\text{lait (l)}} = c_{\text{eau (l)}} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ .

#### ENONCE COMPACT

Quelle masse de vapeur d'eau le serveur doit-il injecter pour réchauffer le lait ?

#### ENONCE DETAILLE

- 1) Schématiser la situation avec les différentes étapes de transferts thermiques.
- 2) Exprimer l'énergie reçue  $Q_{\text{lait}}$  par le lait pour qu'il passe de 10,0°C à 60,0°C.
- 3) Exprimer l'énergie libérée :
  - $Q_{\text{eau 1}}$  par la vapeur d'eau pour refroidir jusqu'à sa température d'ébullition ;
  - $Q_{\text{eau 2}}$  par la vapeur d'eau pour passer à l'état liquide ;
  - $Q_{\text{eau 3}}$  par l'eau liquide pour refroidir jusqu'à 60,0°C.
- 4) Exprimer alors l'énergie totale  $Q_{\text{eau tot}}$  libérée par l'eau.
- 5) A partir du bilan des échanges énergétiques entre l'eau et le lait, exprimer puis calculer la masse de vapeur d'eau que le serveur doit injecter pour réchauffer le lait.