

Terminale Spécialité Physique- Chimie	Thème : Energie et ses transferts	M.KUNST-MEDICA					
<b>Chapitre 18 : Gaz parfait et bilan d'énergie d'un système</b>							
<b>Feuille d'évaluation à rendre obligatoirement avec les réponses</b>							
<b>Activité expérimentale n°18.3 : Étude énergétique d'un chauffe-eau électrique et chauffage en porcelaine</b>							
Appels	Questions / capacités attendues	Compétence visée	Niveaux validés				Points attribués
			A	B	C	D	
Appel n°1	1	Réaliser, mettre en œuvre un protocole					/2
Appel n°2	2 (a-b-c)	Analyser					/0,5 + /0,5 + /1
Appel n°3	2.d/ 3 / 4	Valider					/1,5
Appel n°4	5	Valider					/2
Appel n°5	6	Réaliser, calculer					/2
Appel n°6	7	S'approprier					/1
Appel n°7	8.1	Réaliser, calculer					/2
Appel n°8	8.2	Réaliser, calculer, analyser					/2
Devoir global	Rendre compte à l'écrit en utilisant un vocabulaire scientifique adapté et présenter son travail sous une forme appropriée et être vigilant vis-à-vis de l'orthographe	Communiquer					/0,25
<b>Total 1 :</b>	<b>Remarques :</b>		<b>/14,75</b>				

**Niveau A** : le candidat a réalisé une communication cohérente complète avec un vocabulaire scientifique adapté.  
**Niveau B** : le candidat a réalisé une communication cohérente, incomplète mais il l'a exprimée pour l'essentiel avec un vocabulaire scientifique adapté.  
**Niveau C** : le candidat a réalisé une communication manquant de cohérence, incomplète ou avec un vocabulaire scientifique mal adapté.  
**Niveau D** : le candidat a réalisé une communication incohérente ou absente.

### Notation individuelle :

CLASSE :		Numéro de paillasse :		Élève n° 1 :		Élève n° 2 :		Élève n° 3 :	
				.....		.....		.....	
				.....		.....		.....	
Activité	Capacités attendues	Compétence visée	Points attribués	Signatures	Points attribués	Signatures	Points attribués	Signatures	
Séance en groupe	Travailler en équipe, partager des tâches, s'engager dans un dialogue constructif, respecter ses camarades, son professeur et les lieux de travail...	Être autonome et faire preuve d'initiative	/0,5		/0,5		/0,5		
<b>TOTAL 2</b>			/0,25		/0,25		/0,25		
<b>Total 1 + 2</b>			/15		/15		/15		

**Devoir global :**  
Présenter de manière soignée son travail, répondre avec des phrases complètes et bien construites.

## Partie 1 : Étude énergétique d'un chauffe-électrique

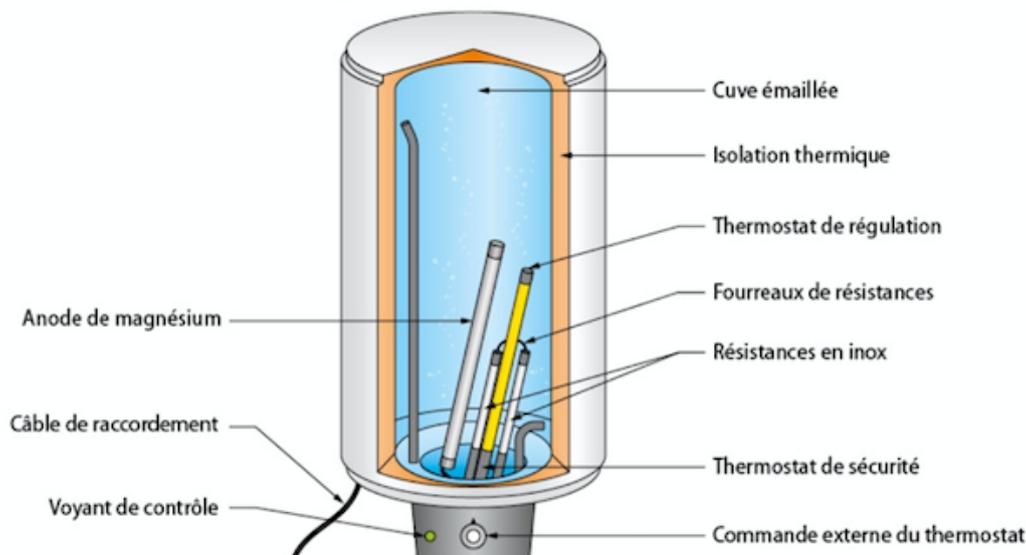
**Le chauffe-eau électrique à accumulation permet de produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) dans les habitations. D'usage très répandu, il est communément appelé ballon d'eau chaude.**

**Comment réaliser le bilan d'énergie dans un chauffe-eau ?**

### Document 1 : Schéma et caractéristiques d'un chauffe-eau.

Un chauffe-eau électrique à accumulation est principalement composé : d'une cuve contenant l'eau (munie des tuyaux d'alimentation en eau froide et de distribution d'eau chaude), d'une résistance électrique chauffant l'eau par effet

Joule, d'une isolation thermique limitant les pertes d'énergie vers l'extérieur. Un thermostat permet de réaliser la régulation de la température de l'eau chauffée en agissant sur l'alimentation électrique de la résistance via un boîtier de commande.



### Document 2 : Caractéristiques de deux chauffe-eaux.

Modèle	Masse d'eau contenue dans le ballon	Puissance électrique	Temps de chauffe pour $\Delta\theta = 50\text{ °C}$	Pertes statiques durant une journée pour une eau à $65\text{ °C}$
1	100 kg	1 200 W	5,0 h	$4,32 \times 10^6\text{ J}$
2	200 kg	2 400 W	5,0 h	$6,88 \times 10^6\text{ J}$

### Document 3 : Transformation adiabatique.

Une transformation d'un système est dite adiabatique quand il n'y a aucun échange d'énergie par transfert thermique avec l'extérieur. Dans ce cas, la somme des énergies échangées à l'intérieur du système est nulle.

### Document 4 : Protocole expérimental.

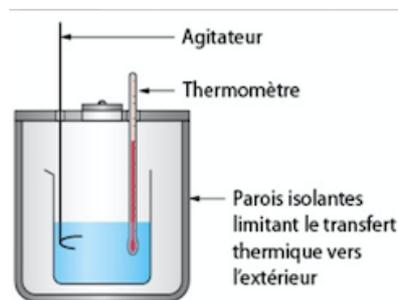
### Matériel

- 1 calorimètre
- 1 thermomètre électronique
- 1 balance électronique
- 1 éprouvette graduée de 500 mL
- 1 grand béccher
- 1 système de chauffage électrique

### Protocole opératoire

- Peser une masse  $m_1 = 200$  g d'eau du robinet, l'introduire dans le calorimètre, puis mesurer sa température initiale  $\theta_1$  ;
- Faire chauffer une masse  $m_2 = 100$  g d'eau jusqu'à la température  $\theta_2 = 40,0$  °C ;
- Introduire l'eau chaude dans le calorimètre, agiter, puis mesurer la température finale  $\theta_3$  du mélange.

### Document 5 : Schéma d'un calorimètre.



### Document 6 : Compléments scientifiques.

L'énergie électrique transférée est liée à la durée de fonctionnement de l'appareil et à sa puissance :

$$W_{\text{élec}} = \mathcal{P}_{\text{élec}} \times \Delta t = U \times I \times \Delta t$$

$W_{\text{élec}}$  en J     $\mathcal{P}_{\text{élec}}$  en W     $U$  en V     $I$  en A     $\Delta t$  en s

#### • Énergie interne

L'énergie interne  $U$  d'un système macroscopique est égale à la somme de ses énergies microscopiques :

- l'énergie cinétique microscopique, liée à l'agitation thermique des particules qui constituent le système. Elle augmente avec la température du système ;
- l'énergie potentielle microscopique, liée aux interactions entre les particules qui constituent le système.

#### • Premier principe de la thermodynamique

La variation  $\Delta U_{i \rightarrow f}$  de l'énergie interne d'un système **au repos macroscopique**, qui n'échange pas de matière avec l'extérieur et qui évolue d'un état initial  $i$  à un état final  $f$ , est égale à la somme des énergies échangées par le système avec l'extérieur, par transfert thermique  $Q$  ou par travail  $W$ .

$$\Delta U_{i \rightarrow f} = Q + W$$

$\Delta U_{i \rightarrow f}$  en J     $W$  en J     $Q$  en J

- **Capacité thermique massique  $c$  d'un système incompressible**

La capacité thermique massique  $c$  d'un système incompressible est l'énergie absorbée par 1 kg de ce système pour élever sa température de 1 °C ou 1 K. Elle s'exprime en joule par kilogramme et par degré Celsius ( $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ ) ou en joule par kilogramme et par kelvin ( $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ).

- **Variation d'énergie interne d'un système incompressible**

Lorsqu'un système incompressible de masse  $m$  passe d'une température initiale  $T_i$  à une température finale  $T_f$ , sa variation d'énergie interne  $\Delta U_{i \rightarrow f}$  a pour expression :

$$\Delta U_{i \rightarrow f} = m \times c \times (T_f - T_i) = m \times c \times (\theta_f - \theta_i)$$

$\Delta U_{i \rightarrow f}$  en J     $m$  en kg     $T$  en K  
 $c$  en  $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$  ou  $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$      $\theta$  en  $^\circ C$

Cette variation  $\Delta U_{i \rightarrow f}$  d'énergie interne est positive si le corps s'échauffe et négative si le corps se refroidit.

## Questions

### 1- Réaliser

**Mettre en œuvre** le protocole expérimental proposé dans le document 4, afin de modéliser le chauffe-eau. **Compléter** le tableau suivant :

	$m_1 = 200 \text{ g}$	$m_2 = 100 \text{ g}$
Température initiale (°C)		
Température finale (°C)		

### Appel n°1 du professeur pour validation

### 2- Analyser

a) **Justifier** qualitativement le signe de la variation d'énergie interne de l'eau froide au cours de l'expérience.

.....  
 .....

b) **Justifier** qualitativement le signe de la variation d'énergie interne de l'eau chaude au cours de l'expérience.

.....  
 .....

- c) **Exploiter** le premier principe de la thermodynamique et le complément scientifique sur la variation d'énergie interne, pour **calculer** l'énergie  $Q_1$  échangée par l'eau froide, et l'énergie  $Q_2$  échangée par l'eau chaude.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Appel n°2 du professeur pour validation**

- d) Pour le système (eau chaude + eau froide), **calculer** la somme  $Q_1 + Q_2$

.....

.....

.....

.....

**3- Valider**

**Exploiter** vos résultats et les documents pour indiquer si la transformation entre l'eau chaude et l'eau froide est adiabatique.

.....

.....

.....

.....

**4- Valider**

**Proposer** une interprétation de votre résultat précédent.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Appel n°3 du professeur pour validation**

**5- Réaliser, calculer**

En vous aidant des questions précédentes, dans le cas des deux chauffe-eaux électriques, calculer la valeur de l'énergie qui n'est pas transférée à l'eau pour un chauffage de  $\Delta\theta= 50^\circ\text{C}$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Appel n°4 du professeur pour validation**

**6- Réaliser, calculer**

Exploiter les documents et vos résultats pour calculer le rendement des deux chauffe-eaux électriques lors de l'élévation de température de  $\Delta\theta= 50^\circ\text{C}$ .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## Partie 2 : Étude énergétique d'un matériau : La porcelaine

### Principe du radiateur en céramique :

La chaleur produite est stockée au cœur du matériau réfractaire. Dans le cas du radiateur en céramique, il s'agit d'une brique de céramique. Ce procédé permet de restituer la chaleur de façon optimale, constante et régulière à partir de l'air froid capté dans la pièce qui est redistribué réchauffé par la céramique.



D'un point de vue écologique, le radiateur céramique a tout bon. La céramique qui emmagasine la chaleur continue de la restituer alors même que le radiateur ne consomme plus d'énergie.

***L'objectif est d'étudier un matériau susceptible d'accumuler l'énergie dans le radiateur en céramique, afin que le transfert thermique dure relativement longtemps.***

### Inertie thermique d'un matériau

Lorsqu'un matériau se trouve à l'équilibre thermique, sa température est fixe et les échanges d'énergie qu'il entretient avec son environnement sont équilibrés : il y a autant d'énergie reçue que d'énergie cédée. Si le matériau est soumis à une perturbation thermique, il évolue alors, plus ou moins rapidement, vers un nouvel état d'équilibre. Cette évolution est caractérisée par l'inertie thermique du matériau, elle-même quantifiée par deux grandeurs :

La diffusivité thermique :

$$D = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$

Elle caractérise la rapidité avec laquelle l'énergie thermique se transmet à travers l'épaisseur d'un matériau lorsqu'une différence de température est imposée entre ses faces.

L'effusivité thermique :

$$E = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$$

Plus elle est élevée, plus le matériau absorbe ou cède rapidement l'énergie thermique reçue à sa surface.

Avec :

- $\lambda$  : la conductivité thermique du matériau en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $\rho$  : masse volumique du matériau en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- $c$  : la capacité thermique massique du matériau en  $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### Données

- Capacité thermique massique de l'eau :  $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique du fer :  $c_{\text{fer}} = 0,44 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Capacité thermique du calorimètre :  $C_{\text{calorimètre}} = 30 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
- Masse volumique du fer :  $\rho_{\text{fer}} = 7,86 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- Masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

# Questions

## 7- S'approprier

### Propriétés des matériaux

Lors de la fabrication d'un radiateur, on cherche un bon accumulateur, c'est-à-dire un matériau pour lequel la diffusivité est la plus basse possible et l'effusivité la plus élevée possible.

Que peut-on en conclure sur le produit  $\rho \cdot c$  de la capacité thermique massique par la masse volumique d'un matériau qui répondrait à ces critères ?

.....  
.....  
.....  
.....

## Appel n°6 du professeur pour validation

## 8- Réaliser

On se propose de déterminer expérimentalement la masse volumique et la capacité thermique massique de morceaux de la porcelaine.

### 8.1- Détermination de la masse volumique du matériau en porcelaine

8.1.1- **Proposer** un protocole expérimental qui permette de déterminer la masse volumique du matériau à tester, en utilisant une éprouvette graduée, une balance et de l'eau.

.....  
.....  
.....  
.....

8.1.2- **Mettre en œuvre** le protocole proposé et noter le résultat obtenu.

.....  
.....  
.....

8.1.3- **Peser** les morceaux de porcelaine fournis. On notera cette masse  $m_2$ . **Plonger** ensuite les morceaux de porcelaine dans un bain d'eau. **Faire chauffer** jusqu'à ébullition. **Maintenir** l'ébullition. En attendant, prendre connaissance de la suite de l'activité

## Appel n°7 du professeur pour validation

## 8.2- Détermination de la capacité thermique du matériau en porcelaine

**Mettre en œuvre** le protocole suivant :

- Verser une masse d'eau  $m_{eau} = 500$  g de capacité thermique massique  $c_{eau}$  à température ambiante dans un calorimètre de capacité thermique  $C_{calorimètre}$ .
- Attendre l'équilibre thermique et mesurer la température  $\theta_i$  de l'eau.
- Ajouter les morceaux de porcelaine de masse  $m_2$  de capacité thermique massique inconnue  $c_2$  chauffés à la température  $\theta_2$  dans le bain d'eau bouillante.
- Fermer le calorimètre, attendre l'équilibre thermique et mesurer la température  $\theta_f$  de l'eau.

**Noter** les mesures et les résultats obtenus.

.....  
.....

En établissant un bilan énergétique sur le système isolé {eau + calorimètre + porcelaine }, on peut montrer que la capacité thermique massique de l'échantillon peut alors être obtenue par la relation :

$$c_2 = \frac{[m_{eau} \cdot c_{eau} + C_{calorimètre}] \cdot (\theta_f - \theta_i)}{m_2 \cdot (\theta_2 - \theta_f)}$$

En déduire la capacité thermique massique du matériau à disposition.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**Appel n°8 du professeur pour validation**