

**BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie  
Évaluation des Compétences Expérimentales**

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

**ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT**

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **quatre** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses. Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

**CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION**

La trempe de l'acier consiste à chauffer au rouge ce métal puis à le refroidir rapidement dans un fluide comme de l'eau, de l'huile ou de l'air. Ce traitement permet d'augmenter sa dureté en modifiant ses propriétés cristallines. La vitesse de refroidissement est un paramètre important :

- une trempe à l'eau permet un refroidissement très rapide qui donne une dureté très élevée mais qui peut entraîner une fragilité accrue de l'acier ;
- une trempe à l'huile permet un refroidissement moins rapide qui donne une dureté élevée en réduisant les risques de fissure et de distorsion.



***Le but de cette épreuve est d'étudier le refroidissement d'un objet dans l'eau et dans l'huile et de comparer leurs coefficients d'échange convectif.***

## INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

### Loi phénoménologique de Newton

Isaac Newton a fait l'hypothèse que le flux thermique convectif reçu par un objet en contact avec un fluide à température constante est proportionnel à la différence de température entre l'objet et le fluide :

$$\Phi = h_{fl} \cdot S \cdot (T - T_{fl})$$

avec  $h_{fl}$  : coefficient d'échange convectif du fluide en  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$   
 $S$  : surface d'échange entre l'objet et le fluide en  $m^2$   
 $T$  : température de l'objet en K ou en  $^{\circ}C$   
 $T_{fl}$  : température du fluide en K ou en  $^{\circ}C$

On peut alors montrer que la température de l'objet évolue en fonction du temps selon la relation :

$$T(t) = (T_0 - T_{fl}) \cdot e^{-\frac{h_{fl} \cdot S}{m \cdot c} t} + T_{fl}$$

avec  $T$  : température de l'objet en K ou en  $^{\circ}C$   
 $T_0$  : température initiale de l'objet en K ou en  $^{\circ}C$   
 $m$  : masse de l'objet en kg  
 $c$  : capacité thermique massique de l'objet en  $J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$

Pour que cette loi soit valide, il faut que :

- l'objet étudié soit incompressible
- la température du fluide soit constante
- le seul mode de transfert thermique soit un transfert par convection, c'est-à-dire que les transferts thermiques par conduction et par rayonnement puissent être négligés.

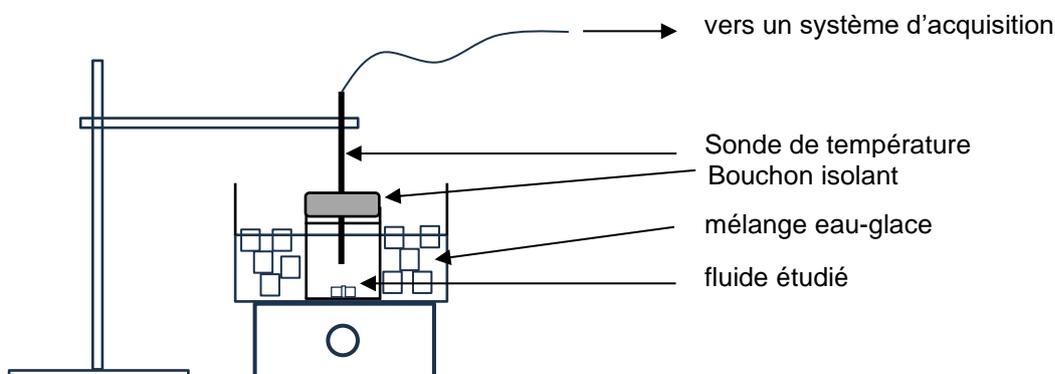
### Température et transfert thermique par rayonnement

La puissance surfacique thermique rayonnée par un corps noir est reliée à sa température par la loi de Stefan-Boltzman :

$$P = \sigma \cdot T^4$$

avec  $P$  la puissance surfacique rayonnée en  $W \cdot m^{-2}$   
 $\sigma$  la constante de Stefan-Boltzmann en  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$   
 $T$  la température du corps en K

### Refroidissement d'une sonde de température dans un liquide



L'objet dont on étudie le refroidissement est la sonde de température.

- Placer le fluide étudié dans un mélange eau-glace pendant assez longtemps pour que sa température soit stable.
- Placer le fluide étudié sous agitation modérée.

- Alors que la sonde est à la température de la pièce, la plonger dans le fluide et lancer l'acquisition de la température en même temps, pour une durée d'une minute.

### Données utiles

Gamme des valeurs du coefficient d'échange convectif  $h$  :

Fluide	Type de convection	Valeur basse de $h$ en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	Valeur haute de $h$ en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
air	libre (sans agitation)	5	25
eau	libre (sans agitation)	100	900
eau	forcée (avec agitation)	100	15000
huile	forcée (avec agitation)	50	2000

Source : [http://pierreyves.lagree.free.fr/THERMIQUE/c5\\_echange.pdf](http://pierreyves.lagree.free.fr/THERMIQUE/c5_echange.pdf)

### TRAVAIL À EFFECTUER

#### 1. Modélisation de la situation (20 minutes conseillées)

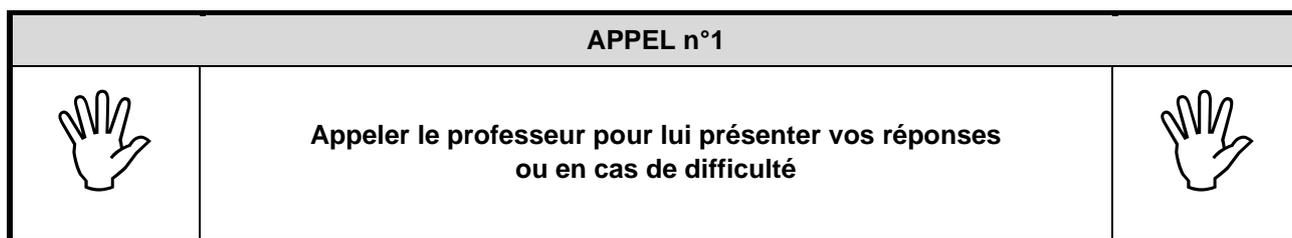
1.1. On veut comparer les coefficients d'échange convectif de l'eau et de l'huile et donc se placer dans une situation expérimentale où la loi phénoménologique de Newton est valide.

Quel mode de transfert thermique est fortement limité dans les conditions expérimentales choisies ? Justifier la réponse.

**Le rayonnement est fortement limité dans les conditions expérimentales.**

1.2. À partir de la loi phénoménologique de Newton, indiquer la précaution qu'il faut prendre pour que la valeur de la surface immergée de la sonde de température n'ait pas d'influence notable sur la durée de refroidissement.

La durée de refroidissement dépend du rapport  $\frac{h_f \cdot S}{m \cdot c}$ . Pour que la valeur de la surface immergée de la sonde de température n'ait pas d'influence notable sur la durée de refroidissement, il faut que le produit  $m \cdot c$  soit grand. Ainsi, on peut choisir une sonde de masse importante, avec une grande capacité thermique massique,



#### 2. Refroidissement du thermomètre dans l'eau et dans l'huile (30 minutes conseillées)

2.1. Effectuer le suivi du refroidissement de la sonde dans de l'eau pendant 1 minute.

**A faire expérimentalement.**

2.2. À l'aide d'un logiciel tableur/grapheur, tracer le graphique représentant la température de la sonde en fonction du temps.

**A faire expérimentalement.**

2.3. Modéliser la courbe obtenue par une fonction exponentielle décroissante.

**A faire expérimentalement.**

2.4. Dédire de la modélisation la valeur du quotient  $\frac{h_{\text{eau}} \cdot S}{m \cdot c}$

$T(t) = (T_0 - T_f) \cdot e^{-\frac{h_f \cdot S}{m \cdot c} \cdot t} + T_f$  or la modélisation donne une équation du type  $T(t) = A \cdot e^{B \cdot t} + C$ .

Ainsi,  $\frac{h_{\text{eau}} \cdot S}{m \cdot c}$  à la valeur de  $-B$  donnée par le logiciel tableur/grapheur

APPEL n°2		
	<b>Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté</b>	

2.1. Effectuer la même étude pour le refroidissement de la sonde dans l'huile. Déduire de la modélisation la valeur du quotient  $\frac{h_{\text{huile}} \cdot S}{m \cdot c}$ .

A faire expérimentalement. Avec le même protocole que le précédent on en déduit la valeur du quotient  $\frac{h_{\text{huile}} \cdot S}{m \cdot c}$ .

APPEL FACULTATIF		
	<b>Appeler le professeur en cas de difficulté</b>	

### 3. Coefficients d'échange convectif de l'eau et de l'huile (10 minutes conseillées)

3.1. Déduire des résultats précédents la valeur du quotient  $\frac{h_{\text{eau}}}{h_{\text{huile}}}$ .

Faire le rapport avec les résultats expérimentaux.

3.2. Cette valeur est-elle cohérente avec les données ?

Dans les données, on remarque que  $h_{\text{eau}} > h_{\text{huile}}$ .

Ainsi le rapport  $\frac{h_{\text{eau}}}{h_{\text{huile}}}$  doit être supérieur à 1 pour que la valeur soit cohérente avec les données.

**Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.**