

NOM :

PRÉNOM :

CLASSE :

## DEVOIR DE SCIENCES - PHYSIQUES N°7

*Il sera tenu compte du soin apporté à la présentation et à la rédaction.  
Le sujet comporte deux pages.*

### A. ÉTUDE DU PH D'UN MÉLANGE ( / 12)

Le pH d'une solution aqueuse d'acide nitreux  $\text{HNO}_2$ , de concentration en soluté apporté  $C_1 = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$ , a pour valeur  $\text{pH}_1 = 2,0$ .  
Le pH d'une solution aqueuse de méthanoate de sodium, ( $\text{HCO}_2^- + \text{Na}^+$ ), de concentration en soluté apporté  $C_2 = 0,40 \text{ mol.L}^{-1}$ , a pour valeur  $\text{pH}_2 = 8,7$ .

**Données à 25 °C :**  $\text{pK}_{A1} (\text{HNO}_2/\text{NO}_2^-) = 3,3$   $\text{pK}_{A2} (\text{HCO}_2\text{H}/\text{HCO}_2^-) = 3,8$

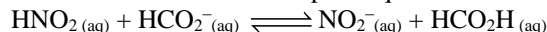
#### Étude des deux solutions :

1. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux et l'eau.
2. Construire les diagrammes de prédominance des couples  $\text{HNO}_2/\text{NO}_2^-$  et  $\text{HCO}_2\text{H}/\text{HCO}_2^-$ .  
Préciser l'espèce prédominante dans chacune des deux solutions étudiées.

#### Étude du mélange des deux solutions :

On mélange un même volume  $V = 200 \text{ mL}$  de chacune des deux solutions précédentes.

- On note  $n_1$  et  $n_2$  respectivement les quantités d'acide nitreux et de méthanoate de sodium introduites dans le mélange réactionnel.
- Le système chimique atteint rapidement un état d'équilibre caractérisé par l'avancement final  $x_f = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ .
- L'équation de la réaction entre l'acide nitreux et l'ion méthanoate a pour équation :



3. Calculer les quantités initiales  $n_1$  et  $n_2$  des réactifs.
4. Compléter le tableau d'avancement de la réaction :

	HNO <sub>2(aq)</sub>	+	HCO <sub>2(aq)</sub> <sup>-</sup>	⇌	NO <sub>2(aq)</sub> <sup>-</sup>	+	HCO <sub>2H(aq)</sub>
État initial (x = 0)							
En cours de transformation (x)							
État final (x <sub>f</sub> )							

5. Calculer les concentrations effectives suivantes à l'équilibre :  $[\text{NO}_2^-]_f$  et  $[\text{HNO}_2]_f$
6. Donner l'expression de la constante d'acidité associée au couple de l'acide nitreux en fonction des concentrations effectives.  
En déduire une relation entre le pH de la solution et le  $\text{pK}_{A1}$  du couple.
7. Calculer le pH du mélange.

## B. LE SAUNA ( / 8)

La pratique du sauna est une tradition finlandaise vieille de plus de deux mille ans. À l'origine, il s'agissait de s'installer dans une petite cabane en bois dont on chauffait l'atmosphère avec des pierres brûlantes. De nos jours, la pratique du sauna peut avoir lieu dans une pièce équipée d'un poêle électrique (figure ci-contre) dans laquelle on prend un bain de vapeur sèche.

Un particulier souhaite installer un sauna chez lui. Il achète un poêle électrique spécifique et s'intéresse au matériau nécessaire à la construction de la pièce de dimensions 2,0m × 2,0m × 3,0m.

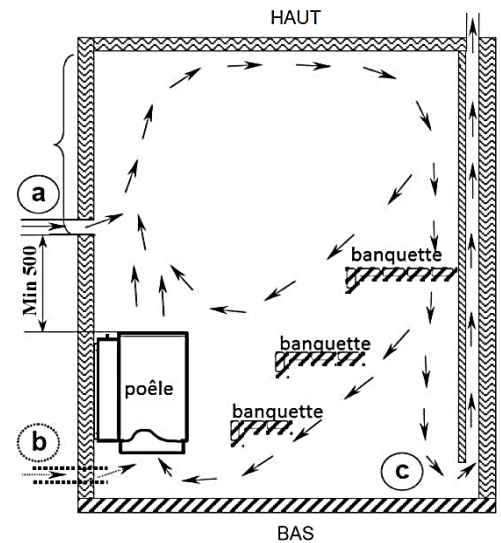
Le poêle est constitué d'une résistance chauffante.

Des pierres sont posées sur l'appareil : elles ont pour but de générer de la vapeur lorsqu'on y verse de l'eau.

### Extraits de la notice du poêle électrique (traduits du suédois) :

• L'aération du sauna : L'air frais est dirigé directement de l'extérieur par un tuyau d'environ 100 mm de diamètre placé 500mm au-dessus du poêle (a) vers le sauna. L'air frais peut aussi être envoyé sous le poêle près du sol (b). L'air évacué est dirigé vers l'extérieur par une trappe située sous les banquettes (c), le plus loin possible de l'arrivée d'air frais.

• Durée du préchauffage du sauna : La durée de préchauffage du sauna est le laps de temps nécessaire pour chauffer le sauna à la température souhaitée pour la séance. La durée de préchauffage varie en général entre 40 et 70 minutes.



Vue en coupe verticale du sauna

**Capacité thermique massique  $c$ , conductivité thermique  $\lambda$  et masse volumique  $\rho$  de quelques matériaux :**

Matériau	$c$ en $J.kg^{-1}.K^{-1}$	$\lambda$ en $W.m^{-1}.K^{-1}$	$\rho$ en $kg.m^{-3}$
Béton	1008	1,75	2200
Sapin	2400	0,15	450
Plâtre	1008	0,43	800
Verre	800	1,15	2530
Stéatite	980	6,4	2980

- La résistance thermique  $R_{th}$  ( $K.W^{-1}$ ) d'une paroi a pour expression :  $R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$  avec  $\left\{ \begin{array}{l} \lambda : \text{conductivité thermique (W.m}^{-1}.K^{-1}) \\ e : \text{épaisseur de la paroi (m)} \\ S : \text{surface de la paroi (m}^2) \end{array} \right.$
- Le flux thermique  $\Phi$  (en W) correspond à une énergie thermique transférée à travers une paroi par unité de temps.

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

Si  $\Delta T$  est l'écart de température de part et d'autre de la paroi, le flux thermique à travers cette paroi est exprimé par :

### Analyse qualitative des transferts thermiques

1. Par quel mode de transfert thermique le poêle assure-t-il principalement le chauffage des pierres posées sur l'appareil ?
2. Que symbolisent les flèches représentées sur la figure ci-dessus de la notice du constructeur ?

### Les matériaux pour la construction de la pièce

Le particulier hésite entre le bois de sapin et le béton pour les parois de son sauna.

3. Quelle serait l'épaisseur d'une paroi en béton pour que, en termes d'isolation thermique, elle soit équivalente à une paroi en sapin de 5,0cm d'épaisseur ?

### Les pierres posées sur le poêle

Les pierres utilisées sont souvent d'origine volcanique car elles n'éclatent pas sous les chocs thermiques. C'est le cas de la stéatite.

4. On fait l'hypothèse que lors du préchauffage, la puissance électrique du poêle ( $P = 10,0kW$ ) est intégralement utilisée pour le chauffage des pierres d'origine volcanique. Déterminer la durée  $\Delta t$  nécessaire pour porter une masse  $m = 20kg$  de pierre, de la température de  $25^{\circ}C$  à la température de  $250^{\circ}C$  atteinte par les pierres à l'issue du préchauffage.
5. D'après la notice, l'hypothèse précédente est-elle vérifiée ? Proposer une explication.