

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
E8 SCIENCES DE LA MATIÈRE

Série : STAV

Durée : 120 minutes

Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : **Calculatrice**

Le sujet comporte 5 pages

PARTIE A : Physique **10 points**

PARTIE B : Chimie **10 points**

SUJET

GESTION D'UNE PISCINE

Partie A : Physique (10 points)

Le propriétaire d'un camping souhaite investir dans le chauffage de sa piscine de dimension 10 m x 5,0 m x 1,8 m. Il hésite entre un réchauffeur électrique à résistance qui chauffe l'eau par contact et qui est très facile à installer, et une pompe à chaleur (PAC) qui nécessite une installation plus lourde.

A.1. Montrer que la masse d'eau contenue dans la piscine complètement remplie est $m_{\text{eau}} = 9,0 \times 10^4$ kg.
On donne : masse volumique de l'eau $\rho = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$.

L'eau est initialement à une température de 17°C. Le propriétaire souhaite une température de baignade de 28°C.

A.2. Vérifier qu'il est nécessaire d'apporter une énergie thermique à l'eau $Q = 4,1$ GJ soit $4,1 \times 10^9$ J pour élever la température de l'eau, en supposant qu'il n'y ait pas de pertes avec le milieu extérieur.

On donne : - capacité thermique massique de l'eau $c = 4,18 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

- expression de l'énergie thermique Q échangée par un corps de masse m , de capacité thermique massique c , passant de la température θ_1 à la température θ_2 , $Q = m \times c \times (\theta_2 - \theta_1)$.

Le **document A1 (page 3)** présente le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur (PAC) destinée au chauffage de l'eau de la piscine.

A.3. Proposer une formulation plus rigoureuse que le mot « calories » utilisé dans le **document A1**.

A.4. Préciser l'état physique du fluide en entrée puis en sortie de l'évaporateur.

A.5. Montrer que le coefficient de performance (COP), caractérisant l'efficacité de la pompe à chaleur présentée dans le schéma du **document A1**, est égal à 4.

La puissance fournie par l'air extérieur au fluide n'est pas prise en compte dans le calcul du COP, ce qui n'est pas le cas dans le calcul du rendement. Le rendement de la pompe à chaleur correspond au rapport de la puissance cédée thermiquement par la pompe au système de chauffage sur la puissance totale absorbée par la pompe.

La puissance de chauffage de 4 kW indiquée sur schéma du **document A1** est une valeur théorique qui n'est en réalité pas atteinte.

A.6. Calculer la puissance de chauffage réellement fournie par la pompe à chaleur à partir d'une puissance puisée dans l'air de 3,0 kW et d'une puissance électrique absorbée de 1,0 kW pour un rendement de 0,75.

A.7. En déduire le COP réel.

Le propriétaire veut comparer les factures d'électricité liées aux deux systèmes de chauffage. Son fournisseur d'électricité lui indique que le prix d'1 kWh d'énergie électrique est de 15 centimes d'euros pour l'abonnement qu'il a choisi.

On donne : 1 kWh = 3 600 kJ

A.8. Calculer le coût du chauffage de l'eau de la piscine en utilisant le réchauffeur électrique, en supposant que toute l'énergie électrique est transformée en énergie thermique utile.

A.9. Calculer le coût du chauffage de l'eau de la piscine en utilisant une pompe à chaleur de COP = 3.

A.10. À partir des réponses précédentes et du **document A2**, indiquer en justifiant le système de chauffage le plus pertinent entre le réchauffeur électrique ou la pompe à chaleur. Toute réponse correctement argumentée sera acceptée.

Pour éviter trop de déperdition de chaleur la nuit, il est proposé de couvrir la surface de l'eau de la piscine ($S = 50 \text{ m}^2$) avec un matériau isolant. Le fabricant de piscine recommande d'utiliser une bâche flottante à bulles d'air dont les caractéristiques sont données dans le **document A3**. Cependant le propriétaire du camping préfère acheter une couverture flottante en mousse de polyéthylène, dont le prix est plus élevé mais qui a une longévité beaucoup plus grande.

A.11. Calculer la résistance thermique de la bâche à bulles recommandée.

On donne : résistance thermique d'une paroi plane $R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$

avec e épaisseur du matériau en m

λ conductivité thermique caractérisant le matériau en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

S surface de la paroi en m^2 .

A.12. Indiquer en justifiant le modèle de la couverture flottante en mousse de polyéthylène qui possède un pouvoir isolant équivalent à celui de la bâche à bulles recommandée.

Documents partie A

DOCUMENT A1 : Fonctionnement d'une pompe à chaleur air-eau

La pompe à chaleur est un mode de chauffage qui puise les calories au sein d'un environnement existant, pour les restituer au système de chauffage. Ce principe s'applique à la pompe à chaleur air-eau qui récupère les calories contenues dans l'air, les transforme en chaleur qui va chauffer de l'eau, ensuite diffusée dans l'installation de chauffage.

Cette transformation est rendue possible en utilisant un fluide frigorigène. En passant successivement de l'état liquide à l'état gazeux, le fluide frigorigène va transmettre l'énergie contenue dans l'air extérieur à l'eau du système de chauffage central. Cette transformation se compose de quatre phases.

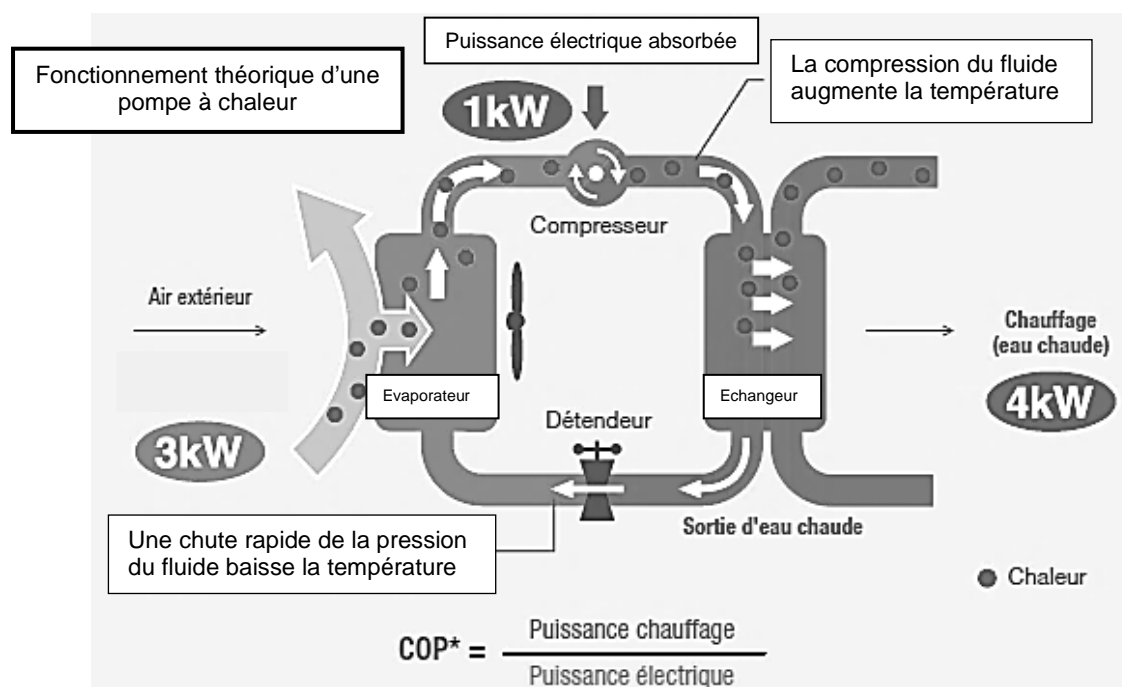
1- Le fluide frigorigène, à l'état liquide, récupère les calories de l'air extérieur. La température du fluide augmente grâce à l'énergie captée. Le fluide se transforme alors en gaz, il s'évapore.

2- Le compresseur, alimenté par un moteur électrique, aspire et comprime ensuite le fluide frigorigène. À la fin de cette phase, le fluide gazeux est chaud et sous haute pression.

3- La condensation du fluide frigorigène, alors à l'état de vapeur haute pression, permet de transmettre la chaleur à l'eau de chauffage. Le gaz repasse à l'état liquide.

4- Le détendeur fait chuter la pression du fluide frigorigène et prépare le fluide liquide avant la phase d'évaporation.

<http://www.lenergiesoutcompris.fr/travaux-chauffage/pompe-a-chaleur-air-eau/comment-ca-marche>



* COP coefficient de performance caractérisant l'efficacité d'une pompe à chaleur

DOCUMENT A2 : Systèmes de chauffage pour piscine

	Prix d'achat + installation	Entretien	Pouvoir chauffant	COP
Pompe à chaleur (PAC)	10 000 €	158 € par an	1 à 2°C par jour	3
Réchauffeur électrique	1 000 €	20 € par an	1°C par heure	

DOCUMENT A3 : Caractéristiques des bâches isolantes de piscine

	Épaisseur	Conductivité thermique λ
Bâche à bulles d'air	6 mm	0,025 W.m ⁻¹ .°C ⁻¹
Couverture flottante en mousse de polyéthylène n°1	5 mm	0,030 W.m ⁻¹ .°C ⁻¹
Couverture flottante en mousse de polyéthylène n°2	7 mm	

Partie B : Chimie (10 points)

La qualité de l'eau de la piscine doit être régulièrement vérifiée.

Afin de garantir une eau de qualité à ses clients, le propriétaire du camping a choisi un traitement par produits chlorés. Le **document B1 (page 5)** apporte des informations sur le chlore.

B.1. Écrire l'équation de dissociation de l'acide hypochloreux dans l'eau.

B.2. Donner le diagramme de prédominance du couple acide hypochloreux / ion hypochlorite en fonction du pH.

B.3. Proposer, en justifiant, un intervalle optimal pour un pH garantissant de bonnes conditions de baignade.

Afin de vérifier la valeur du pH de l'eau de la piscine, il existe des trousse d'analyse contenant du rouge de phénol.

B.4. Justifier le choix de cet indicateur coloré en exploitant le **document B2**.

La dureté de l'eau évalue la concentration en élément calcium et magnésium. Une eau trop dure peut provoquer des dépôts de calcaire, l'entartrage du filtre, l'irritation de la peau et des yeux. À l'inverse, une eau trop douce peut aussi favoriser la corrosion et l'irritation des yeux.

Le propriétaire souhaite connaître la dureté de l'eau de sa piscine pour savoir si l'investissement dans un adoucisseur d'eau est pertinent.

La dureté d'une eau se détermine par un dosage colorimétrique dont le principe et le protocole expérimental sont présentés dans le **document B3**. Dans le cas étudié, on suppose que la dureté de l'eau n'est due qu'aux ions calcium, car la concentration des ions magnésium est négligeable par rapport à celle des ions calcium.

B.5. Représenter le schéma annoté du montage expérimental utilisé pour le dosage.

B.6. Indiquer avec quel matériel le volume d'eau à analyser V_1 doit être prélevé.

Le volume V_e obtenu à l'équivalence est de 8,2 mL.

B.7. Montrer que la concentration molaire en ions calcium de l'eau analysée est : $[Ca^{2+}] = 4,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

B.8. Calculer en degré français (°f) la dureté de l'eau de la piscine étudiée.

On donne : masse molaire de l'ion calcium $M = 40 \text{ g.mol}^{-1}$.

Le TH idéal d'une piscine se situe entre 10°f et 30°f.

B.9. Donner une recommandation justifiée au propriétaire de la piscine quant à l'achat d'un adoucisseur d'eau.

Documents partie B

DOCUMENT B1 : Le chlore

Ce composé chimique permet de limiter la prolifération des bactéries, virus, champignons et algues. Quelle que soit sa forme (galets, pastilles, sels, liquide, gaz), le pouvoir désinfectant du chlore se libère au contact de l'eau, sous la forme d'acide hypochloreux de formule HClO. Ce dernier se dissocie partiellement dans l'eau pour former l'ion hypochlorite ClO⁻. Le pH influence le pouvoir désinfectant du chlore. En effet, l'acide hypochloreux est un désinfectant beaucoup plus efficace que l'ion hypochlorite. Remarque : Le liquide lacrymal présentant un pH de 7,4, un pH éloigné de plus ou moins 0,2 de cette valeur peut provoquer des irritations des yeux. $pK_a(\text{HClO}/\text{ClO}^-) = 7,5$.

DOCUMENT B2 : Indicateurs colorés

Indicateur	Couleur forme acide	Couleur forme base	pK _a
Vert de bromocrésol	Jaune	Bleu	4,9
Rouge de phénol	Jaune	Rouge	8,0
Phénolphtaléine	Incolore	Rose	9,4

DOCUMENT B3 : Dosage de la dureté d'une eau

Degré français

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) s'exprime en degré français °f ; 1 degré français correspond à 4 mg d'ion calcium Ca²⁺ par litre de solution. Plus le TH est élevé, plus l'eau est dure.

Principe

Pour déterminer le TH d'une eau, on réalise un dosage colorimétrique à l'aide d'une solution aqueuse E contenant les ions Y⁴⁻ qui ont la propriété de réagir mole à mole avec les ions calcium Ca²⁺. Le titrage est réalisé en présence d'un indicateur coloré de fin de réaction et d'une solution tampon permettant de maintenir le pH de la solution entre 9 et 10.

L'équation de titrage est : $\text{Ca}^{2+} + \text{Y}^{4-} \rightarrow \text{CaY}^{2-}$.

Protocole

Dans un erlenmeyer, introduire V₁ = 20,0 mL d'eau de la piscine, 20 mL d'une solution tampon et quelques gouttes de l'indicateur coloré.

Remplir la burette avec la solution E de concentration C₂ = 1,0 x 10⁻² mol.L⁻¹.

Tout en agitant constamment, ajouter la solution E jusqu'au virage de l'indicateur.

On note V_e le volume de solution E versé à l'équivalence.