

SESSION 2009

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
DOMOTIQUE**

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

LA PISCINE OLYMPIQUE DE PÉKIN

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

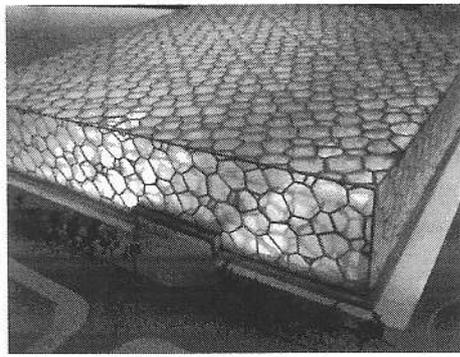
Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7 y compris la page de présentation.

Une ANNEXE est à remettre avec la copie

Assurez-vous qu'il est complet ; s'il est incomplet,

Veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	SESSION 2009
Épreuve : U32 – Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 9DOPHY1		Page 1 / 7



Le Centre national de natation ou « Cube d'eau », l'un des sites phares des JO de Pékin 2008, est une véritable prouesse architecturale qui a su combiner esthétique, technologie et écologie. Ses panneaux extérieurs sont constitués de bulles géantes. Les gros coussins d'air, constitués de panneaux en téflon, ont été conçus pour absorber la lumière du soleil afin de réguler la lumière et la température du centre de natation.

Première partie : le recyclage de l'eau (6 points)

Le bassin olympique fait 50 m de long et contient 10 lignes d'eau ou couloirs sur sa largeur. La dimension d'une ligne d'eau est de 2,50 m. Avec une profondeur supposée constante de 3 m, il est le plus profond des bassins dans lesquels ont eu lieu des Jeux Olympiques. On considèrera que la hauteur d'eau est de 3 m.

I.1. Calculer le volume d'eau de la piscine.

I.2. Calculer la pression au fond de la piscine.

On donne :

Masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$;

Intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$;

Pression atmosphérique $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$

Une pompe placée au fond de la piscine est chargée d'aspirer l'eau afin d'assurer son recyclage ; l'eau recyclée est rejetée à la surface de la piscine.

I.3. La totalité de l'eau contenue dans le bassin doit être recyclée en une demi-journée. Calculer le débit de la pompe.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	SESSION 2009
Épreuve : U32 – Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 9DOPHY1		Page 2 / 7

I.4. L'eau aspirée passe au travers d'un tuyau de diamètre 20 cm. Montrer que la vitesse d'aspiration v de l'eau est d'environ $2,8 \text{ m.s}^{-1}$. On rappelle que l'aire d'une surface circulaire est $S = \pi.R^2$ où R représente le rayon de la surface circulaire.

I.5. On rappelle la loi de conservation de l'énergie (dite équation de Bernoulli) pour un écoulement permanent d'un liquide incompressible :

$$p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$$

Calculer la pression à l'entrée du tuyau d'aspiration.

Deuxième partie : le chauffage de l'eau de la piscine (8 points)

Une pompe à chaleur est un dispositif thermodynamique permettant de transférer la chaleur du milieu le plus froid (ici l'air ambiant) vers le milieu le plus chaud (ici l'eau de la piscine) via un échangeur.

Pour notre étude, on s'intéresse au dimensionnement d'une pompe à chaleur permettant d'assurer le chauffage de l'eau de la piscine en hiver. On considère que la température de l'air à l'extérieur de la piscine est alors de 10°C et que la température du bassin de natation doit être maintenue à 25°C .

La pompe à chaleur fonctionne selon un cycle de Carnot : deux transformations isothermes réversibles et deux transformations adiabatiques réversibles (ou isentropiques)

Transformation $A \rightarrow B$: le fluide subit une détente isotherme réversible à la température $\theta_f = 10^\circ\text{C}$.

Transformation $B \rightarrow C$: le fluide subit une compression adiabatique réversible qui amène sa température de $\theta_f = 10^\circ\text{C}$ à $\theta_c = 25^\circ\text{C}$.

Transformation $C \rightarrow D$: le fluide subit une compression isotherme réversible.

Transformation $D \rightarrow A$: le fluide subit une détente adiabatique réversible.

Le fluide utilisé dans la pompe à chaleur est le fréon R410 a.

Donnée : Relation de Clausius $\frac{Q_C}{T_C} + \frac{Q_F}{T_F} = 0$

BTS DOMOTIQUE	SUJET	SESSION 2009
Épreuve : U32 – Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 9DOPHY1		Page 3 / 7

- II.1. Placer sur le diagramme de Clapeyron (P, V) donné en annexe, les points A, B, C, D, ainsi que le sens de parcours, que l'on indiquera par une flèche.
- II.2. Justifier le sens de parcours choisi.
- II.3. Que valent les chaleurs Q_{BC} et Q_{DA} ?
- II.4. En appliquant le premier principe de la thermodynamique, exprimer le travail total W en fonction des chaleurs échangées au cours du cycle. Aucune application numérique n'est demandée.
- II.5. Rappeler l'expression du coefficient de performance (COP) de cette pompe à chaleur. On notera le COP par la lettre grecque ε .
Exprimer ensuite ε en fonction des quantités de chaleur Q_{AB} et Q_{CD} .
- II.6. En utilisant la relation de Clausius, montrer que le coefficient de performance peut aussi s'écrire $\varepsilon = \frac{T_C}{T_C - T_F}$ où T_C et T_F représentent les températures des sources froides et chaudes. Le calculer.
- II.7. On prendra pour la suite un COP de 10. Expliquez l'écart entre les valeurs théorique et pratique.
- II.8. Les pertes thermiques journalières de l'eau de la piscine sont estimées à 60 GJ. Calculer la puissance de la pompe à chaleur nécessaire pour maintenir constante la température de la piscine.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	SESSION 2009
Épreuve : U32 – Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 9DOPHY1		Page 4 / 7

Troisième partie (chimie) : analyse de l'eau (6 points)

La qualité de l'eau dépend de trois paramètres : le pH, l'alcalinité et la dureté.

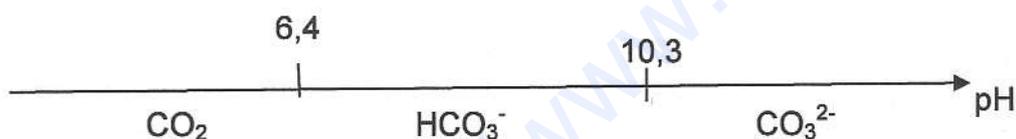
L'équilibre entre ces trois paramètres détermine la performance et la durée de vie des équipements de la piscine.

On réalise l'analyse de l'eau de la piscine olympique. La mesure du pH donne une valeur de 7,8.

III.1. La solution est-elle acide, basique ou neutre ? Justifier.

L'alcalinité d'une eau est mesurée par titre alcalimétrique complet (T.A.C.), qui détermine la teneur en ions CO_3^{2-} et hydrogencarbonate HCO_3^- .

La présence des ions dépend du pH. Concernant l'alcalinité, on donne le diagramme de prédominance des espèces en fonctions du pH :

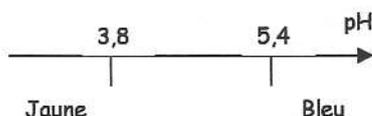


III.2. Quelle est l'espèce prédominante dans l'eau de la piscine au point de vue alcalinité ?

Le TAC est égal au volume (en mL) d'acide chlorhydrique à $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence d'un indicateur coloré, le bromocrésol-rhodamine (BCR).

Pour l'analyse de l'eau de piscine, on prélève un échantillon de 200 mL que l'on dose par de l'acide chlorhydrique à $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de BCR. Le volume obtenu à l'équivalence est de 16,4 mL.

Donnée : zone de virage du BCR



BTS DOMOTIQUE	SUJET	SESSION 2009
Épreuve : U32 – Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 9DOPHY1		Page 5 / 7

III.3. Quelle est la couleur de l'indicateur coloré au début du dosage ? Justifier.

III.4. Comment voit-on qu'on a atteint l'équivalence ?

III.5. En déduire le TAC de l'eau.

La dureté D de l'eau est mesurée par le titre hydrotimétrique, exprimé en °TH.

Elle est calculée par la formule :

$$D = 10. ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$$

où la concentration des ions calcium et magnésium est exprimée en mmol.L⁻¹

III.6. Que signifie « une eau dure » et quelles en sont les conséquences ?

III.7. L'eau apportée pour la piscine possède une concentration massique en ions calcium de 70 mg.L⁻¹ et de 18 mg.L⁻¹ en ions magnésium. Calculer leur concentration molaire correspondante.

On donne :

$$M (Ca^{2+}) = 40,1 \text{ g.mol}^{-1}$$

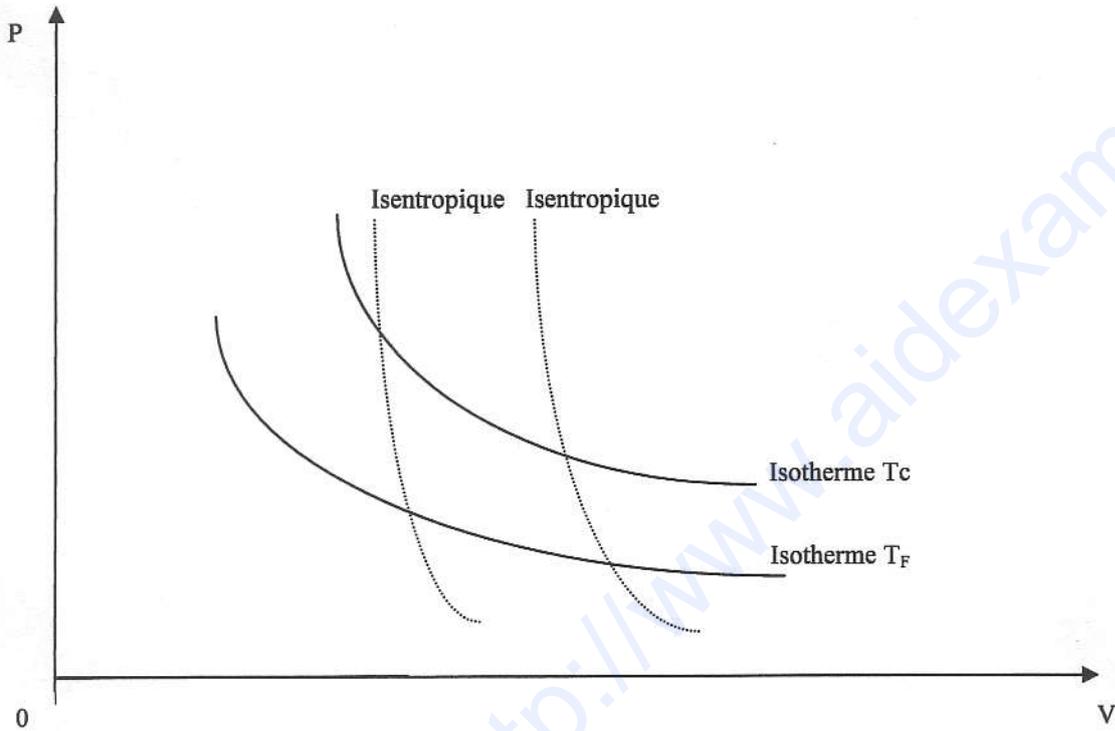
$$M (Mg^{2+}) = 24,3 \text{ g.mol}^{-1}$$

III.8. En déduire la dureté D de l'eau de la piscine.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	SESSION 2009
Épreuve : U32 – Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 9DOPHY1		Page 6 / 7

Annexe à rendre avec la copie

DIAGRAMME DE CLAPEYRON À COMPLÉTER



Téléchargé sur <http://www.aidexam.com>

BTS DOMOTIQUE	SUJET	SESSION 2009
Épreuve : U32 – Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 9DOPHY1		Page 7 / 7