

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2014

Série STI2D

Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

CALCULATRICE AUTORISÉE

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.

Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

La page 14/14 où figure le document réponse est à rendre avec la copie.

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

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

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

IMPACT ÉNERGÉTIQUE D'UNE PISCINE

L'heure est aux « économies d'énergie » ! L'écologie fait son chemin et nous nous interrogeons de plus en plus sur l'impact écologique de notre mode de vie. La consommation énergétique est devenue un véritable argument de vente (appareils électroménagers, véhicules, logements,...). Il est donc normal de se demander dans le cadre de notre étude :

Quel est l'impact énergétique de sa piscine ?

Un certain nombre de questions sous-jacentes se posent alors.

- Quelles sont les actions à mener pour limiter la consommation énergétique de sa piscine ?
- Comment choisir ses équipements de piscine pour réaliser des économies ?
- Comment éviter les pertes d'énergie ?
- Comment ne pas gâcher d'eau ?
- Comment ne pas faire de surconsommation de produits de piscine ?
- Comment réduire les impacts environnementaux ?

Il existe globalement trois domaines de consommation dans une piscine :

- **les énergies consommées** : énergie électrique (moteur, pompe piscine, chauffage, appareils de traitement automatique,...) ;
- **les ressources naturelles consommées** : l'eau (rejet d'eau, évaporation,...) ;
- **les produits chimiques consommés** : le chlore, le réducteur de pH, l'algicide, etc.

L'étude qui vous est proposée comporte trois parties qui peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

PARTIE A : évaluation des pertes thermiques du bassin principal.

PARTIE B : étude et dimensionnement du chauffage à énergie solaire.

PARTIE C : traitement et filtration de l'eau de bassin.

Notation : Pour l'ensemble du sujet, on notera T(K) la température en kelvin et θ (°C) la température en degré Celsius. On rappelle que $T(K) = 273 + \theta(^{\circ}C)$

PARTIE A : ÉVALUATION DES PERTES THERMIQUES DU BASSIN PRINCIPAL.

Données pour la PARTIE A :

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

Célérité de la lumière : $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

A-1 - Le rayonnement solaire

Avant d'effectuer un bilan thermique sur l'eau de bassin au cours d'une journée, il est nécessaire d'évaluer la puissance du rayonnement solaire qui parvient sur la Terre.

- A-1-1-** À l'aide de la distribution spectrale de l'énergie solaire, **document ressource n°1 page 5/14**, estimer les longueurs d'ondes, minimale et maximale, du rayonnement visible.
- A-1-2-** Parmi les trois domaines de rayonnement, lequel possède les radiations les plus énergétiques ? Justifier votre réponse.
- A-1-3-** Donner une explication de la différence observée entre le spectre « hors atmosphère » et le spectre « au niveau de la mer ».
- A-1-4-** Le maximum du spectre se situe pour $\lambda = 550 \text{ nm}$, déterminer la fréquence f (en hertz) correspondant à cette radiation.
- A-1-5-** Cette radiation est liée à la température de couleur du corps qui l'émet selon la loi de Wien énoncée ci-dessous :

$$\lambda = B/T \text{ avec } B = 2,9.10^{-3} \text{ K.m,}$$

T est la température en K et λ la longueur d'onde en m.

En considérant que le Soleil obéit à cette loi, déterminer la température de surface, T_s , du Soleil.

- A-1-6-** En s'aidant des renseignements fournis, **document ressource n°2 page 5/14**, effectuer un bilan de l'irradiation solaire sur le **document réponse n°1 (DR1) page 14/14**.

A-2- Échanges thermiques moyens sur une journée

Une piscine subit de multiples déperditions d'énergie sous forme thermique, qu'elle soit enterrée ou hors sol. Ces pertes correspondent aux échanges thermiques qui ont lieu entre l'eau et son milieu environnant (parois de la piscine, air extérieur...). Une partie de l'eau s'évapore, amplifiant ainsi ce phénomène de déperdition thermique.

A-2-1- D'après le **document ressource n°3 page 5/14**, citer les trois différents modes de transferts thermiques mis en évidence sur ce bassin.

La piscine est essentiellement constituée d'un bassin extérieur. Ses caractéristiques géométriques sont les suivantes : elle est de forme rectangulaire, mesure 10 m de long, 5,0 m de large et sa profondeur moyenne est de 1,2 m.

A-2-2- Calculer le volume V , en m^3 , d'eau nécessaire au remplissage de ce bassin. En déduire la masse M , en kg, d'eau présente sachant que la masse volumique de l'eau vaut $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

A-2-3- Calculer l'énergie nécessaire, exprimée en J, pour augmenter la température de l'eau de la piscine de 1°C .
La capacité thermique massique de l'eau est : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

A-2-4- Durant la journée, l'eau se réchauffe grâce au rayonnement solaire. Les estimations se basent sur le fait que l'eau de la piscine reçoit une puissance thermique moyenne $P_1 = 170 \text{ W.m}^{-2}$, pendant une durée de 12 h.

A-2-4-a- Calculer l'énergie Q_1 absorbée par l'eau pendant ces 12 h.

A-2-4-b- Calculer pour cette eau, l'augmentation de température $\Delta\theta_1$ qui en résulte.

A-2-4-c- Quelle doit-être la température initiale de l'eau pour atteindre 25°C ?

A-2-5- Pendant la nuit, l'eau de la piscine rayonne de l'énergie vers l'atmosphère. On considère que l'eau se comporte comme un corps noir ; on admet que sa température est de 25°C .

A-2-5-a- Calculer la puissance P_2 perdue par rayonnement par cette eau, par m^2 de surface, en appliquant la loi de Stéfán, énoncée ci-dessous :

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

P est la puissance thermique rayonnée en W.m^{-2} .

T est la température en K.

σ est une constante : $\sigma = 5,67.10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$.

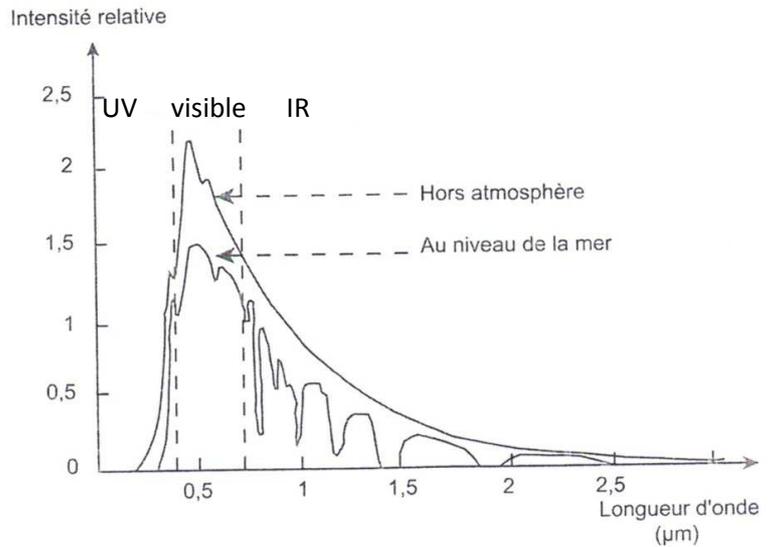
A-2-5-b- Comparer P_2 à P_1 . En déduire la baisse de température $\Delta\theta_2$ qui se produit pendant une nuit de 12 h.

A-2-5-c- Proposer une solution simple pour éviter ces déperditions thermiques la nuit.

Document ressource n°1 : distribution spectrale de l'énergie solaire

Le rayonnement solaire se répartit sur le spectre des longueurs d'ondes de la manière suivante : 3% de rayonnement UV, 42% de rayonnement visible, 55% de rayonnement IR.

Source : L'énergie en 2050 de B. Wiesenfeld



Document ressource n°2 : Soleil et énergie

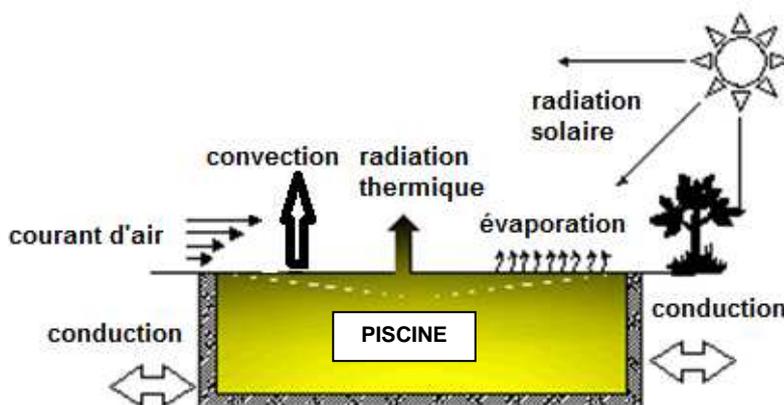
Le soleil est notre plus grande source d'énergie, il constitue un gigantesque réacteur thermonucléaire dans lequel, chaque seconde, 600 millions de tonnes d'hydrogène sont transformées en hélium lors de réactions de fusion.

La puissance surfacique moyenne reçue au-dessus de l'atmosphère terrestre est de 340 W.m^{-2}

- 30% de cette puissance est réfléchi et renvoyé dans l'espace.
- 20% est utilisée pour assurer les mouvements de l'eau (évaporation et pluie), de l'air (vents), la photosynthèse...
- 50% assure l'équilibre thermique du sol.

Source : L'énergie en 2050 de B. Wiesenfeld

Document ressource n°3 : transferts thermiques



Source : www.thermexcel.com

PARTIE B : ÉTUDE ET DIMENSIONNEMENT DU CHAUFFAGE À ÉNERGIE SOLAIRE.

B-1 Chauffage solaire pour piscine extérieure

Pour compenser les pertes thermiques et avoir une plus grande plage d'utilisation de la piscine, on utilise des panneaux solaires thermiques.

B-1-1- Dégager deux principaux atouts pour chacun des panneaux présentés sur le **document ressource n°4 page 8/14**.

B-1-2- Sachant que la piscine est entourée de végétation, doit-on plutôt utiliser des panneaux tubes ou des panneaux plats ? Justifier votre réponse.

B-1-3- Afin d'estimer la surface de capteurs nécessaire au chauffage du bassin, on se réfère à la documentation technique fournie dans les **documents ressource n°5 page 9/14**.

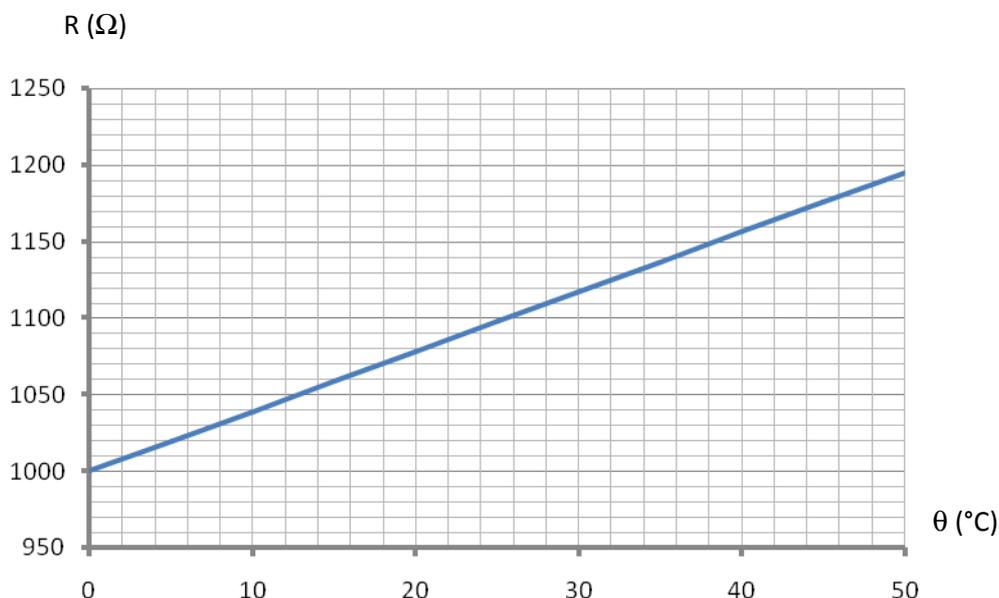
Quelle surface de panneaux doit-on commander pour maintenir la température de l'eau à 23,5°C ? Justifier votre réponse. On rappelle que la surface de la piscine est de 50 m².

B-1-4- La mise en œuvre de systèmes de capteurs solaires pour le chauffage des piscines est une utilisation économique de l'énergie solaire. Elle est subventionnée par la région et par l'ADEME à hauteur de 30%.
Estimer alors le coût de l'opération pour le particulier.

B-2 Étude de quelques éléments de l'installation

L'installation décrite sur le **document ressource n°6 page 10/14** utilise une sonde Pt 1000.

Cette sonde est constituée d'une résistance en platine (Pt) dont la valeur en ohms dépend de la température selon le graphe ci-dessous :



- B-2-1-** Donner la valeur de la résistance de la sonde à la température 0°C. Justifier alors le nom de cette sonde : Pt 1000.
- B-2-2-** Sachant que la température de l'eau ne doit ni être inférieure à 10°C ni supérieure à 30°C, déterminer en ohms les valeurs extrêmes de la résistance de la sonde de température.
On notera $R_{(10)}$ la valeur de la résistance pour $\theta = 10$ °C et $R_{(30)}$ la valeur de la résistance pour $\theta = 30$ °C.
- B-2-3-** La sonde de température est reliée au système de contrôle. Après conditionnement électrique, on obtient en sortie une tension électrique U (en Volt) liée à la résistance $R_{(\theta)}$ par une relation de la forme : $U = 10 + 0,05.R_{(\theta)}$

Déterminer les valeurs de la tension en sortie du conditionneur correspondant aux valeurs extrêmes de la résistance $R_{(\theta)}$; on les notera $U_{(10)}$ et $U_{(30)}$.
- B-2-4-** Déterminer la sensibilité s de l'ensemble « sonde de température et conditionneur » définie par : $s = \frac{\Delta U}{\Delta \theta}$. Donner son unité.
- B-2-5-** Au niveau de « la vanne 3 voies », un régulateur électronique contrôle la température de l'eau et la compare à une température de consigne notée θ_c (fixée par l'installateur).
Il élabore une tension de commande V_s telle que : $V_s = 1,71 \times (\theta_c - \theta_{eau})$.
Déterminer la valeur de V_s lors du déclenchement de la pompe. Ce déclenchement se produit pour un écart de température ($\theta_c - \theta_{eau}$) de 4,0°C.
- B-2-6-** Sachant que la valeur maximale que peut délivrer le régulateur est $V_{smax} = 12$ V, quel est l'écart maximal de température $\Delta\theta_{max} = (\theta_c - \theta_{eau})$ que peut mesurer le régulateur ?

Document ressource n°4 : Les catégories de panneaux et leurs atouts

Un système de chauffage solaire de l'eau des bassins de piscines utilise des panneaux solaires spécifiques à cet usage. Ce type de panneau est caractérisé par l'absence de couverture transparente vitrée, de support et de couche d'isolation thermique, ce qui le rend moins cher.

Généralement constituée de matière plastique ou de caoutchouc, cette solution évite les problèmes de corrosion.

On a le choix entre deux formes différentes :

- Les panneaux « tubes » ont la forme la plus simple : lisses ou striés de faible diamètre, ils sont disposés en parallèle. Suivant la conception du système, ils sont reliés entre eux par des réseaux intermédiaires ou par un soutènement. La longueur totale peut atteindre 100 mètres et les obstacles de toiture (cheminées, éclairages) sont facilement contournables.



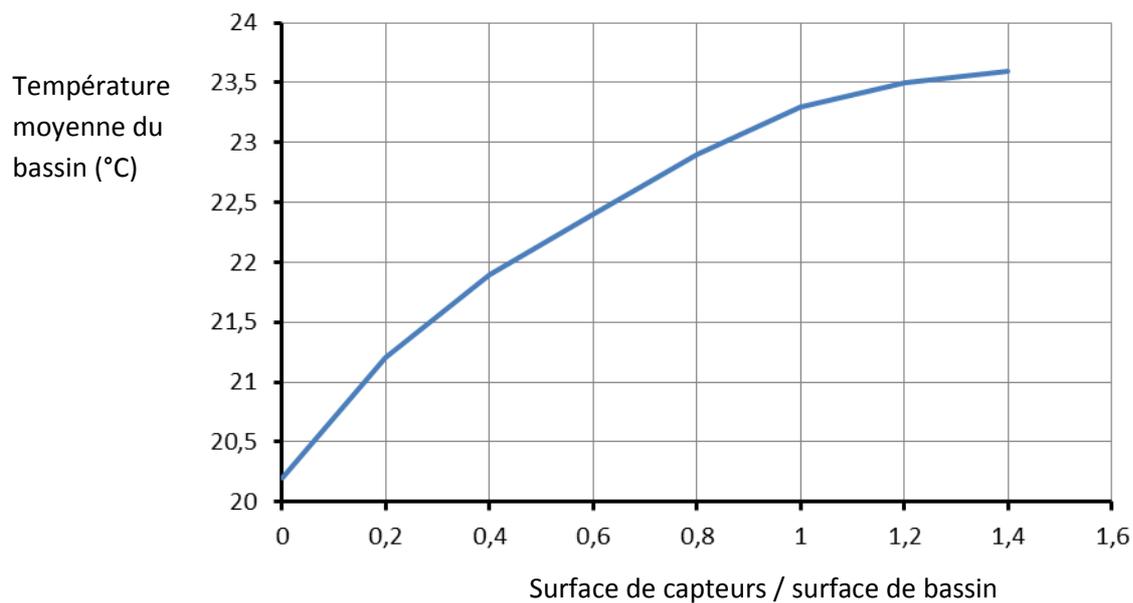
- Les panneaux « plats » ont leurs canaux reliés entre eux dans la structure. Ceci permet de produire des plaques de dimensions variables avec une surface lisse. Ce système présente également l'avantage de ne pas avoir de rainures dans lesquelles les poussières ou feuilles peuvent s'accumuler et se solidifier. L'effet auto-nettoyant de la pluie est alors meilleur.



Source : IST Energieplan GmbH

Documents ressource n°5 : Dimensionnement et coût

Température du bassin en fonction du ratio de surface de capteurs sur la surface du bassin



Taille du système	Coûts d'investissement en € / m ² (nets)
Petites piscines S <100 m ²	100
Piscines de taille moyenne 100m ² < S < 500 m ²	70
Grandes piscines S > 500 m ²	60

Document ressource n°6 : principe de fonctionnement et schéma de l'installation

Principe de fonctionnement

Les systèmes solaires de chauffage des piscines sont généralement installés sur la toiture disponible mais il est aussi possible de les installer au sol. Comme pour les autres applications de l'énergie solaire, un emplacement sans ombrage sera nécessaire au bon rendement du système.

L'eau filtrée est détournée vers le système de panneaux avant le traitement chimique nécessaire.

Un système de commande automatique simple permet le contrôle de la température. La mise en route de la circulation de l'eau dans les panneaux peut être automatiquement activée quand la température du bassin descend sous un seuil spécifique. Pour cette raison, une sonde de température est connectée au système de commande. Après avoir été chauffée, l'eau retourne dans le bassin.

Schéma de l'installation

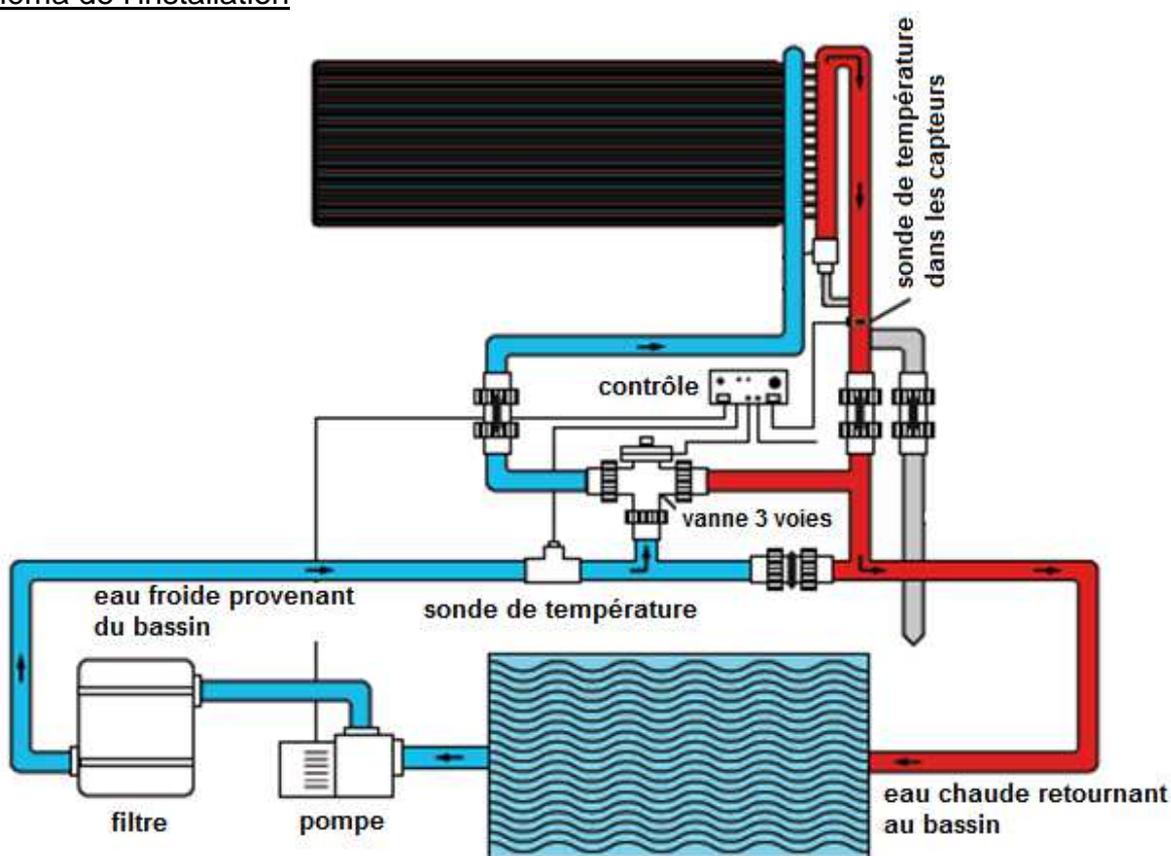


Schéma d'un système de panneaux solaires thermiques

source : Austrian Standards Institute

PARTIE C : TRAITEMENT ET FILTRAGE DE L'EAU.

Le système (pompage + filtration) doit assurer une parfaite gestion des eaux de bassin tout en maintenant un confort pour la baignade.

Parfois, Il peut s'avérer nécessaire de devoir vidanger le bassin rapidement (en une nuit ou en 8 heures).

C-1- Filtrage de l'eau

C-1-1- Sur la partie la plus profonde de la piscine, la hauteur d'eau est $H = 1,8$ m, déterminer la pression P s'exerçant au fond de la piscine.

On rappelle que : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$; la pression atmosphérique $P_0 = 1,0.10^5 \text{ Pa}$; la masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

C-1-2- Afin d'assurer la circulation de l'eau dans les différentes parties de filtration, on utilise une pompe située dans le local technique. Le diamètre du tuyau d'arrivée de l'eau est $d = 6,0$ cm, et le débit volumique moyen de la pompe est $Q_v = 4,0.10^{-3} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (ou $4,0 \text{ L.s}^{-1}$).

C-1-2-a- Calculer la vitesse d'aspiration v (en m.s^{-1}) de l'eau au niveau de l'orifice.

On donne la relation : $v = \frac{Q_v}{S}$ où S est la surface de la section en m^2 .

C-1-2-b- Sachant que la totalité de l'eau contenue dans la piscine doit être recyclée en huit heures au maximum, le débit assuré par la pompe est-il convenable ? On précise que le volume total d'eau est de 60 m^3 .

C-2-Traitement de l'eau

L'eau de la piscine est un milieu vivant qui évolue sans cesse et rapidement selon la température, le temps, les pollutions par l'environnement (pollen, insectes, végétaux...), le nombre de baigneurs, les crèmes solaires, etc....

Le pH fait partie de l'analyse de l'eau (avec l'analyse du taux de désinfectant) et il doit être mesuré de manière régulière. C'est une des premières étapes du traitement de l'eau.

Le pH d'équilibre de l'eau est déterminé le jour du remplissage de la piscine. Il est alors stable. Il doit ensuite être maintenu entre 7,2 et 7,6.

C-2-1- En vous référant au **document ressource n°7 page 13/14**, donner les conséquences d'une modification du pH en remplissant le **document réponse 2 (DR2) page 14/14**.

- C-2-2-** L'eau de la piscine possède un pH de 8, est-elle acide ou basique ? Justifier votre réponse.
- C-2-3-** Calculer la concentration molaire (en mol.L⁻¹) en ions oxonium, notée $[H_3O^+]$.
On donne la relation : $[H_3O^+] = 10^{-pH}$
- C-2-4-** Pour retrouver le pH idéal de l'eau, on utilise du réducteur de pH, sur l'étiquette duquel figure un pictogramme de sécurité (**voir document ressource n°8 page 13/14**).
Quelle est la signification de ce pictogramme ? Quelle(s) précaution(s) faut-il adopter ?
- C-2-5-** Citer un produit, parmi les suivants, qui pourrait remplacer le réducteur de pH ? Justifier votre réponse.
- Eau de Javel.
 - Liquide vaisselle.
 - Acide chlorhydrique.
 - Déboucheur.
- C-2-6-** Écrire l'équation de la réaction de neutralisation entre les ions oxonium H_3O^+ et hydroxyde HO^- . On donne les couples acides bases mis en jeu :
- $$H_3O^+ / H_2O \quad \text{et} \quad H_2O / HO^-$$
- C-2-7-** Après avoir utilisé le produit ménager cité en C-2-5-, le pH est ramené à une valeur de 7,6. On souhaite ensuite le stabiliser à une valeur 7,3 en rajoutant du réducteur de pH (**voir document ressource n°8 page 13/14**).
Calculer la nouvelle concentration molaire en ions oxonium H_3O^+ .
- C-2-8-** En vous référant au tableau du **document ressource n°8 page 13/14**, déterminer la masse en g de réducteur de pH nécessaire.
On précise que le volume total d'eau est de 60 m³.

Document ressource n°7

Atteindre un degré de pH idéal est important pour plusieurs raisons :

- Les différents produits de traitement sont alors plus efficaces :
 - Meilleure action des désinfectants (surtout du chlore) : un pH bien équilibré assure un meilleur maintien de la teneur en chlore.
 - Meilleur pouvoir algicide : les algues prolifèrent davantage dans un pH élevé (eau verte, taches vertes sur les parois).
- Cela limite la détérioration du matériel : fixations, revêtement, système de filtration de l'eau, etc.
- Un meilleur confort de baignade est assuré : l'eau de la piscine est moins irritante pour les baigneurs (peau, yeux, muqueuses) à un pH compris entre 7,2 et 7,4. Un bon pH assure une oxydation quasi complète des chloramines. Ces dernières sont produites par l'action du chlore sur les matières azotées laissées par les baigneurs, telle que la sueur. Les chloramines provoquent l'irritation des yeux et des voies respiratoires, et sont responsables d'odeurs désagréables.
- Cela empêche la précipitation de calcaire qui apparaît si le pH est supérieur à 8 (l'eau devient trouble et blanchâtre).

Document ressource n°8

Quantité nécessaire de réducteur de pH à verser (en g.m⁻³)

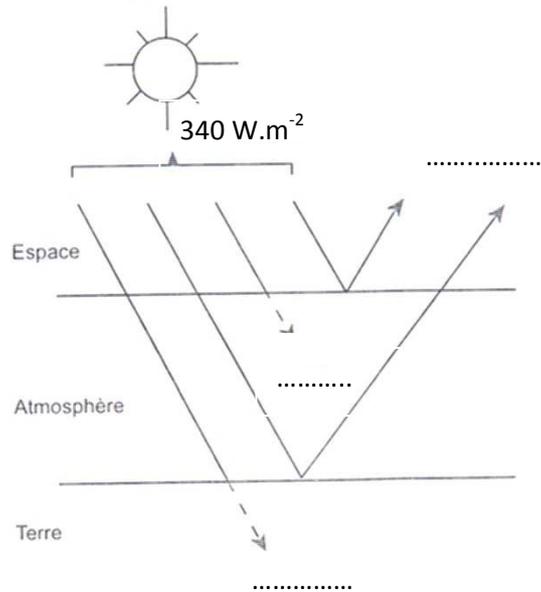
pH souhaité	pH mesuré (votre pH actuel)										
	8,2	8,1	8	7,9	7,8	7,7	7,6	7,5	7,4	7,3	7,2
7,8	9	7	4	2							
7,7	11	9	6	4	2						
7,6	14	12	9	7	5	3					
7,5	17	15	12	10	8	6	3				
7,4	22	20	17	15	13	11	8	5			
7,3	31	29	26	24	22	20	17	14	9		
7,2	45	43	40	38	36	34	31	28	13	14	
7	70	67	64	62	60	58	55	52	47	37	30



DOCUMENTS REPONSES

(à rendre avec la copie)

DR 1 : Bilan de l'irradiation solaire sur la Terre (question A-1-6)



DR 2 : Conséquences d'une modification du pH (question C-2-1)

1

Eau
Acide



PH idéal : 7,2 – 7,4

Eau
Alcaline
14

