

Exercice N°1 IMPACT ÉNERGÉTIQUE D'UNE PISCINE

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.

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 $T(K) = 273 + \theta(°C)$

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.

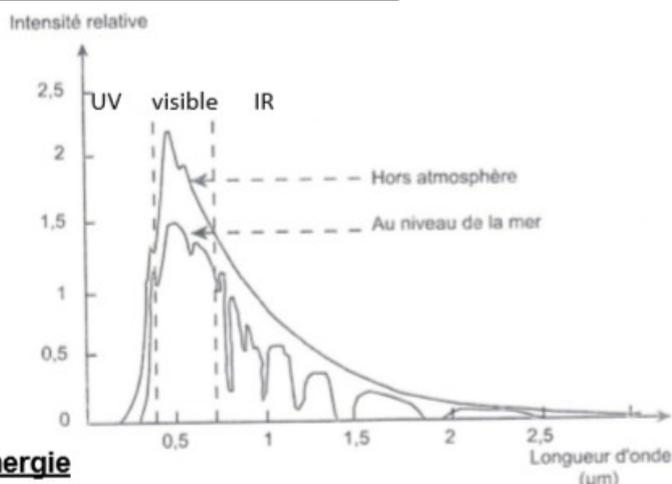
En considérant que le Soleil obéit à cette loi, déterminer la température de surface, T_s , du Soleil.

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

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



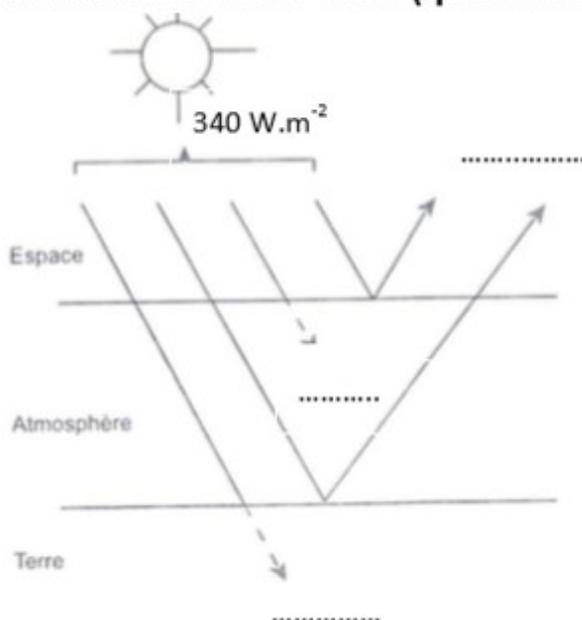
Document ressource n°2 : Soleil et énergie

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 réfléchiée et renvoyée 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.

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



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 $\rho = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

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 : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

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 $P_1 = 170 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, 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 :

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

P est la puissance thermique rayonnée en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

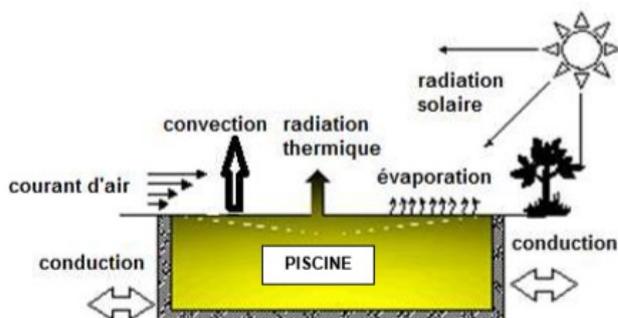
T est la température en K.

σ est une constante : $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$.

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°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**.

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.

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.

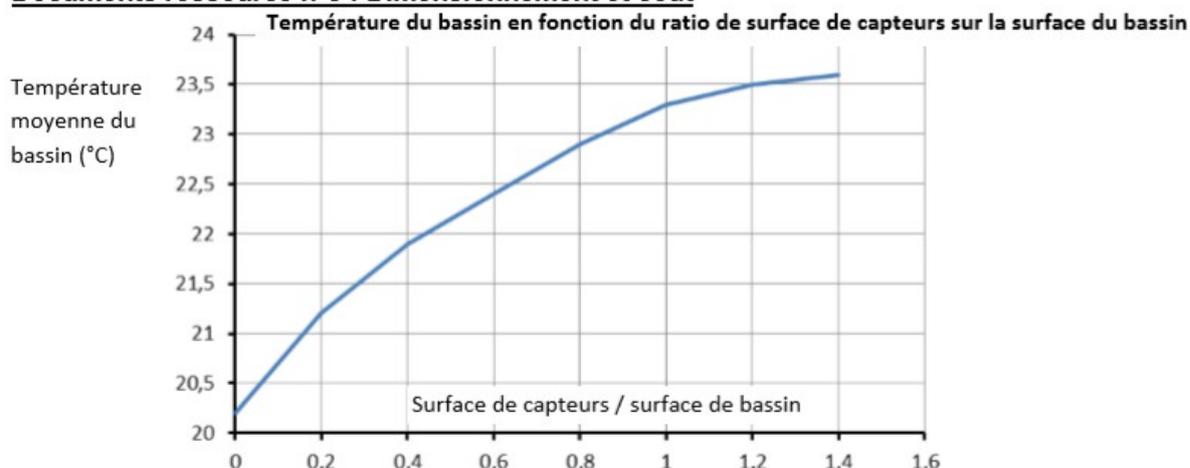
Généralement constituée de matière plastique ou de caoutchouc, cette solution évite les problèmes de corrosion.

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.



Documents ressource n°5 : Dimensionnement et coût



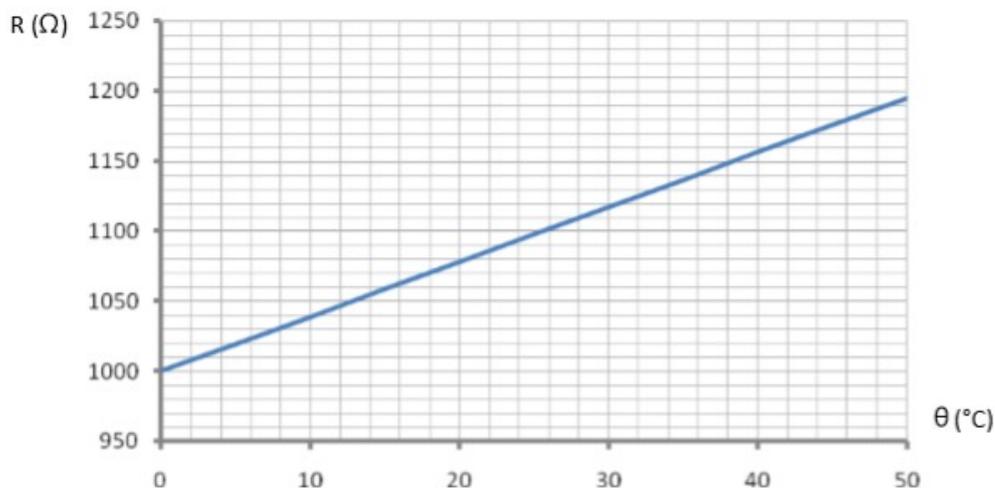
Taille du système	Coûts d'investissement en € / m ² (nets)
Petites piscines S < 100 m ²	100
Piscines de taille moyenne 100m ² < S < 500 m ²	70
Grandes piscines S > 500 m ²	60

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 ?