EXERCICE I – DES BULLES SUR L'EAU (9 points)

L'entretien d'une piscine privée nécessite, entre autres choses, un apport régulier d'eau pour compenser l'évaporation, un traitement biocide pour la qualité de l'eau et un contrôle de la température de l'eau pour le confort de la baignade. Cet exercice propose d'étudier l'intérêt que peut présenter l'utilisation d'une couverture à bulles sur la surface du plan d'eau. On désignera par « bassin » l'eau et l'ensemble des surfaces (latérales, fond et éventuellement couverture à bulles) en contact avec l'eau.

Données :

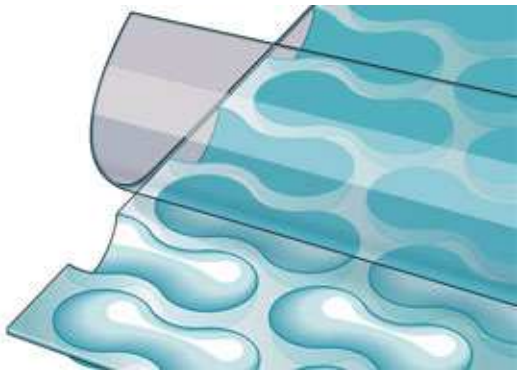
- masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{eau} = 1{,}00\times10^{3}$ kg.m^{-3} ;
- capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{eau} = 4{,}18\times10^{3}$ J.kg^{-1}.K^{-1} ;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02\times10^{23}$ mol^{-1} ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J.s ;
- un corps dont la température est de l'ordre de 25°C émet un rayonnement électromagnétique dont le maximum d'intensité est à une longueur d'onde de 10^{4} nm.

Caractéristiques d'une couverture à bulles translucide

La couverture enferme des bulles d'air entre deux couches de film plastique.
L'épaisseur totale de plastique est environ 500 µm.
L'épaisseur de la lame d'air emprisonnée dans des bulles est estimée à 0,5 cm en moyenne.

Conductivités thermiques des matériaux utilisés :

- pour l'air $\lambda_a = 0{,}03$ W.m^{-1}.K^{-1} ;
- pour le plastique $\lambda_p = 0{,}4$ W.m^{-1}.K^{-1}.



Remarque : plus la conductivité thermique d'un matériau est faible, plus il est isolant thermiquement.

Cette couverture est opaque aux infrarouges et aux ultraviolets mais est translucide dans le domaine visible.
Dans le domaine visible, le rayonnement reçu est :

- peu réfléchi ;
- partiellement absorbé ;
- principalement transmis.

1. Limiter la baisse de température la nuit

Tout usager de piscine ouverte peut constater que la température de l'eau baisse sensiblement la nuit. Dans le cas des piscines bâties, les surfaces latérales constituent de très bons isolants de sorte que les transferts thermiques se font principalement à la surface de l'eau. L'utilisation d'une couverture à bulles limite la diminution de la température.

1.1. Citer les modes de transferts thermiques qui peuvent expliquer la diminution de température de l'eau en l'absence de couverture à bulles.

1.2. Citer deux arguments permettant d'expliquer de manière qualitative l'efficacité de la couverture à bulles translucide pour l'isolation thermique de l'eau de baignade.

On étudie une piscine non couverte de surface 32 m^2 et de volume 48 m^3. Après une nuit, on mesure :

- une baisse du niveau d'eau par évaporation de 5 mm ;
- une diminution de la température du bassin de 4°C.

L'évaporation de l'eau nécessite, pour des températures voisines d'une vingtaine de degrés Celsius, un apport de $2{,}4\times10^{6}$ joules par kilogramme d'eau évaporée.

1.3. Montrer que l'énergie nécessaire à l'évaporation d'eau pour la nuit est de l'ordre de 4×10^8 J.

1.4. Dans l'hypothèse où toute l'énergie nécessaire à l'évaporation est apportée par les 48 m^3 d'eau de la piscine, calculer la baisse de température de l'eau du seul fait de l'évaporation.

1.5. À l'aide des réponses aux questions précédentes, présenter les avantages de l'utilisation d'une couverture à bulles.

2. Augmenter la température en journée

Certaines couvertures à bulles contribuent également au chauffage de l'eau de baignade pendant la journée.
Pour comparer l'efficacité de deux couvertures à bulles, l'une noire opaque, l'autre translucide, on réalise trois expériences à l'aide de deux bassins identiques de petites dimensions, nommés A et B, dont les caractéristiques utiles sont présentées ci-dessous.

Caractéristiques des bassins A et B

Le fond et les surfaces latérales des bassins sont thermiquement isolés.

- surface d'eau en contact avec l'air : $S = 7{,}6\times10^{-2}$ m^2 ;
- volume d'eau : $V = 1{,}3\times10^{-2}$ m^3.

Protocole des expériences et résultats

Les trois expériences sont réalisées sur trois journées aux mêmes horaires (mi-journée).
Les deux bassins A et B sont soumis au même environnement extérieur (exposition au rayonnement solaire et température de l'air). On relève, après brassage de l'eau et pour chaque bassin, la température initiale et la température après deux heures d'exposition.
Une application disponible sur Internet permet d'estimer la puissance du rayonnement solaire sur une surface horizontale au sol dans la zone géographique où les expériences sont menées.

Exposition	**1**		**2**		**3**	
Exposition	Ciel clair, pleine lumière		Ciel clair, pleine lumière		Ciel nuageux	
Puissance du rayonnement solaire reçu par unité de surface	$8{,}5\times10^2$ W.m^{-2}		$8{,}5\times10^2$ W.m^{-2}		$5{,}1\times10^2$ W.m^{-2}	
Température de l'air	29°C		34°C		23°C	
Bassin	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**
Couverture à bulles	Aucune	Translucide	Noire opaque	Translucide	Noire opaque	Translucide
Température initiale	24,1°C	24,1°C	24,0°C	24,0°C	23,8°C	23,8°C
Température après 2h d'exposition	28,0°C	28,8°C	27,5°C	28,8°C	23,7°C	24,4°C

2.1. Les couvertures à bulles testées présentent-elles toutes deux un intérêt en vue de l'élévation de température de l'eau de baignade ? Justifier.

On définit le rendement d'une couverture comme le rapport de l'énergie transmise à l'eau du bassin ΔU_{eau} sur l'énergie solaire $E_{solaire}$ reçue à sa surface : $\eta = \dfrac{\Delta U_{eau}}{E_{solaire}} \times 100$ en %.

2.2. Dans l'hypothèse où le transfert thermique vers le bassin se fait intégralement par rayonnement, calculer le rendement de la couverture translucide dans le cadre de l'expérience 1.

Dans les conditions de l'expérience 3, le rendement de la couverture translucide est égal à 12 %.

2.3. Montrer que, dans ces conditions et pour la même durée d'exposition, l'utilisation d'une couverture translucide sur une piscine de surface 32 m^2 et de volume 48 m^3 ne provoque pas d'augmentation significative de la température.

3. Réduire la consommation de produit de traitement

L'acide hypochloreux HClO utilisé pour le traitement de l'eau de très nombreuses piscines privées se dégrade par exposition aux rayonnements solaires : il subit une photolyse, c'est-à-dire une rupture de la liaison O–Cl, suite à l'absorption d'un photon. Les fabricants annoncent que l'usage de couverture à bulles permet une économie de produit de traitement.

L'énergie nécessaire à la rupture de la liaison O-Cl en phase gazeuse est $D = 251\times10^3$ $J.mol^{-1}$.

3.1. Montrer que la longueur d'onde du photon absorbé lors de la photolyse de HClO en phase gazeuse est égale à 480 nm.

Le calcul précédent correspond à la photolyse de l'acide hypochloreux en phase gazeuse. En revanche, en solution aqueuse, la photolyse est optimale pour des longueurs d'onde voisines de 240 nm.

3.2. Quelle est l'influence du solvant sur l'énergie nécessaire à la photolyse de l'acide hypochloreux ?

3.3. Donner la caractéristique de la couverture translucide qui permet de diminuer la quantité d'acide hypochloreux utilisée pour le traitement de l'eau de piscine.