

# ***Brevet de technicien supérieur***

## **Bâtiment**

### **Épreuve U32**

#### **Sciences physiques appliquées**

Session 2021

Durée : 2 heures  
Coefficient : 2

#### **Matériel autorisé :**

L'usage de la calculatrice avec le mode examen activé est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

#### **Important**

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.  
Le document réponse, page 11 sera àagrafer avec la copie.  
Dès remise du sujet, vérifier que celui-ci est complet.

BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 1 sur 11

# Maison de vacances

Un propriétaire décide de construire une maison de vacances dotée d'un chauffe-eau solaire pour produire l'eau chaude sanitaire.

Par ailleurs, il souhaite également une piscine dotée d'une pompe à chaleur pour en chauffer l'eau et d'un électrolyseur pour en assurer le traitement.

Ce sujet est constitué de trois parties indépendantes.

- A. Étude thermique de la maison de vacances (7 points)
- B. Étude du chauffe-eau solaire (7 points)
- C. Traitement et analyse de l'eau de la piscine (6 points)

BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 2 sur 11

## A. Étude thermique de la maison de vacances (7 points)

Le propriétaire souhaite une toiture avec une partie vitrée et des tuiles, tout en respectant la réglementation thermique RT 2012.

### Document A : Réglementation thermique RT 2012 :

La réglementation thermique RT 2012 impose une consommation maximale d'énergie primaire de **50 kWh·m<sup>-2</sup>·an<sup>-1</sup>**.

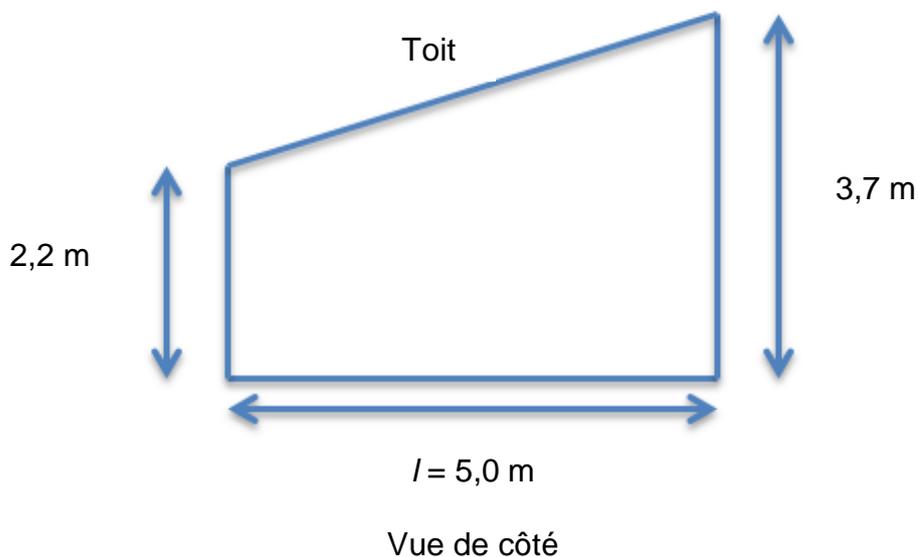
L'énergie primaire d'un logement comprend le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires.

Avec la RT 2012, le Grenelle de l'Environnement prévoit de **diviser par 3 la consommation énergétique** des bâtiments neufs d'habitation et d'usage tertiaire.

D'après <http://www.normert2012.com/>

### Caractéristiques de la maison :

la longueur de l'habitation est  $L = 8,0$  m et sa largeur  $l = 5,0$  m.



BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 3 sur 11

### Composition du toit :

le toit est constitué de tuiles, recouvrant de la laine de verre posée sur des panneaux haute densité en bois, ainsi que d'une partie vitrée.

**Partie vitrée :** vitrage 6/15/6. Les vitres sont séparées d'un espace rempli de krypton.

Vitres : épaisseur  $e_v = 6,0$  mm ; conductivité thermique  $\lambda_v = 1,1$  W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

Krypton : épaisseur  $e_{kr} = 15$  mm ; conductivité thermique  $\lambda_{kr} = 0,0090$  W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

**Partie en tuiles :**

Matériaux	Épaisseur en cm	Conductivité thermique en W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>
Tuiles en terre	$e_1 = 4,0$	$\lambda_1 = 1,1$
Laine de verre	$e_2 = 20,0$	$\lambda_2 = 0,042$
Panneaux haute densité en bois	$e_3 = 6,0$	$\lambda_3 = 0,045$

Les résistances thermiques surfaciques d'échange superficiel interne et externe sont respectivement :

$$r_{si} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \quad \text{et} \quad r_{se} = 0,060 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

Selon Météo-France, dans la zone d'habitation, la température extérieure moyenne pendant la période de chauffage est de  $\theta_{ext} = 8,0$  °C ; la température moyenne intérieure est de  $\theta_{int} = 20,0$  °C.

### Étude du toit.

1. Exprimer littéralement la résistance surfacique de la partie vitrée du toit, notée  $r_v$ , en fonction des épaisseurs  $e_v$  et  $e_{kr}$ , des conductivités thermiques  $\lambda_v$  et  $\lambda_{kr}$ , des résistances thermiques surfaciques  $r_{si}$  et  $r_{se}$ .
2. Vérifier par le calcul que  $r_v = 1,8 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .
3. Exprimer littéralement la résistance surfacique de la partie en tuile du toit, notée  $r_t$ , en fonction des épaisseurs, des conductivités thermiques et des résistances thermiques surfaciques.
4. Vérifier par le calcul que  $r_t = 6,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .
5. Exprimer le flux thermique surfacique  $\varphi_v$  de la partie vitrée. Calculer sa valeur.
6. Exprimer le flux thermique surfacique  $\varphi_t$  de la partie en tuiles. Calculer sa valeur.
7. Vérifier que la surface du toit vaut  $S = 42 \text{ m}^2$ .
8. On note  $S_v$  la surface de la partie vitrée et  $S_t$  la surface de la partie en tuiles. Exprimer les flux thermiques correspondants  $\Phi_v$  et  $\Phi_t$ .
9. La surface de la partie en tuiles du toit vaut  $36 \text{ m}^2$ . Calculer le flux thermique total à travers le toit.

BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 4 sur 11

## Étude de l'isolation globale de la maison.

On donne les valeurs des flux thermiques correspondant aux déperditions thermiques par le toit, les murs, le sol, les fenêtres et les portes :

Toit	110 W
Murs et sol	150 W
Fenêtres et portes	60 W

10. Calculer le flux thermique correspondant aux déperditions thermiques de la maison.

On considère qu'il y a 180 jours de chauffage par an.

11. Calculer l'énergie consommée pour le chauffage pendant un an.

12. En déduire l'énergie consommée pour le chauffage en un an par mètre carré de la surface au sol de l'habitation.

Selon le constructeur, 70% de la consommation en énergie primaire d'une habitation sert au chauffage.

13. Cette habitation est-elle conforme à la réglementation thermique RT 2012 ?

## B. Étude du chauffe-eau solaire (7 points)

Le chauffe-eau solaire permet de réaliser des économies d'énergie en tirant profit de l'énergie solaire pour produire l'eau chaude sanitaire.

Il est constitué principalement d'un capteur solaire, d'un échangeur thermique et d'un ballon de stockage (voir document B page 7).

1. Citer les trois modes de transfert thermique.
2. Quel mode de transfert thermique intervient :
  - au niveau du capteur solaire (1) ;
  - à travers les parois de l'échangeur thermique (3) ;
  - dans l'eau du ballon de stockage (5) ?

BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 5 sur 11

Le ballon est assimilé à un cylindre de hauteur  $H = 1,00$  m et de volume  $V = 150$  L. L'eau froide arrive à la température de  $\theta_f = 15,0$  °C et l'eau chaude sanitaire doit sortir à la température de  $\theta_c = 65,0$  °C. L'appareil est arrêté depuis plusieurs jours et doit être remis en fonctionnement. Pour cela, il est rempli d'eau froide à la température de  $\theta_f = 15,0$  °C.

3. Calculer l'énergie thermique  $Q$  correspondant à la mise en chauffe du ballon, pour réchauffer l'eau de  $\theta_f = 15,0$  °C à  $\theta_c = 65,0$  °C .

Données :

- capacité thermique massique de l'eau :  $c_{eau} = 4,18 \times 10^3$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup> ;
  - masse volumique de l'eau :  $\rho_{eau} = 1,00 \times 10^3$  kg·m<sup>-3</sup>.
4. Calculer la puissance thermique  $P$  nécessaire pour que la durée de cette opération soit de 5 h.
  5. Pourquoi est-il nécessaire d'équiper un tel système d'un vase d'expansion ou d'une soupape de sécurité ?

Dans la zone de construction de la maison et au moment de la mise en chauffe du ballon, le rayonnement solaire moyen est de  $800$  W·m<sup>-2</sup>.

Le constructeur propose d'installer 2 panneaux solaires thermiques de surface  $2,0$  m<sup>2</sup> chacun et de rendement  $65$  %.

6. Montrer que l'installation prévue par le constructeur permet de délivrer une puissance thermique suffisante pour que la durée de la mise en chauffe du ballon n'excède pas 5 h.

BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 6 sur 11



### C. Traitement et analyse de l'eau de la piscine (6 points)

Il est nécessaire de traiter l'eau des piscines pour éliminer les bactéries et les agents pathogènes. Parmi les solutions existantes, le propriétaire a opté pour l'électrolyse de sel, qui présente de nombreux avantages par rapport au traitement au dichlore. Quelques règles doivent néanmoins être respectées, notamment le contrôle régulier du pH et du Titre Alcalimétrique Complet (TAC).



Électrolyseur de sel ZODIAC TRI 10

#### Document C1 : Équilibre de l'eau

Il est indispensable que l'équilibre de l'eau de la piscine soit contrôlé et ajusté pour une action optimale de l'acide hypochloreux.

	Valeurs recommandées	Pour augmenter	Pour diminuer
pH	7,2-7,4	Ajouter du pH+	Ajouter du pH-
TAC en °f	8-15	Ajouter du correcteur d'alcalinité	Ajouter de l'acide chlorhydrique

*D'après la notice de l'électrolyseur ZODIAC TRI 10*

#### Document C2 : pH PLUS Poudre piscine - Correcteur pH PLUS

**OCEDIS® Seau de 1kg**

**Composition : Carbonate de sodium**

**Traitement régulier :**

Pour monter le pH de 0,2 unité d'une eau de piscine :

- diluer le pH PLUS Poudre dans un récipient ;
- le verser dans le bassin devant le(s) refoulement(s) ;
- prévoir environ 15 g de pH PLUS Poudre pour 1 m<sup>3</sup> d'eau.

*D'après [www.piscineazur.com/seau-ph-plus-poudre](http://www.piscineazur.com/seau-ph-plus-poudre)*

BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 8 sur 11

L'électrolyse d'une eau légèrement salée conduit à la formation de l'acide hypochloreux  $HClO_{(aq)}$ . L'acide hypochloreux est un oxydant puissant qui stérilise l'eau, détruit les matières organiques, les bactéries, les algues, les agents polluants azotés tels que l'urine et la sueur, en se transformant en acide chlorhydrique et en dioxygène.

Sous l'action des rayons ultra-violetts du Soleil, les solutions d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium se neutralisent pour redonner finalement une solution de chlorure de sodium. Le cycle peut ainsi recommencer.

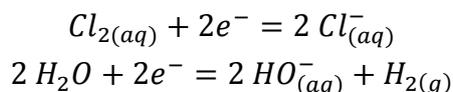
### Mise en fonctionnement.

Lors de la mise en fonctionnement de la piscine, il faut ajouter à l'eau, du chlorure de sodium solide (sel). La concentration en sel recommandée est de  $5,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Le volume de la piscine est de  $55 \text{ m}^3$ .

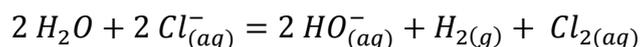
1. Calculer la masse de sel à verser lors de la mise en fonctionnement de la piscine.

### Formation de l'acide hypochloreux $HClO_{(aq)}$ .

L'eau de piscine légèrement salée est convertie par électrolyse en dichlore et en ions hydroxyde. On donne les demi-équations électroniques suivantes :



2. Montrer que l'équation de la réaction peut s'écrire :



Le dichlore formé réagit avec l'eau pour donner de l'acide hypochloreux.

3. Compléter l'équation de la réaction sur le **DOCUMENT RÉPONSE page 11** à rendre avec la copie.

### Étude du pH.

Une mesure du pH de la piscine donne comme résultat un pH de 6,9.

4. Quelle masse minimale de pH PLUS faut-il ajouter pour ramener le pH dans l'intervalle de valeurs recommandées ?

BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 9 sur 11

## Étude du TAC :

La détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) d'une eau s'effectue par un dosage à l'aide d'une solution titrante d'acide chlorhydrique de concentration molaire  $C_A = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  en présence d'un indicateur coloré dont la zone de virage contient la valeur  $\text{pH} = 4,5$  (par exemple l'hélianthine).

Le titre alcalimétrique complet s'exprime par la relation : 
$$\text{TAC} = \frac{V_{100}}{V_{\text{prise}}} \times V_{\text{acide}}$$

- TAC : titre alcalimétrique complet (en °f) ;
- $V_{100}$  : volume de référence  $V_{100} = 0,100 \text{ L}$  ;
- $V_{\text{prise}}$  : volume d'eau à doser introduit dans le bécher (en L) ;
- $V_{\text{acide}}$  : volume d'acide versé au virage de l'indicateur (en mL).

5. Compléter le schéma du dispositif expérimental utilisé pour le dosage sur le **DOCUMENT RÉPONSE page 11** à rendre avec la copie.

On dose un volume d'eau de piscine de 200 mL. L'hélianthine change de couleur pour un volume d'acide versé de 22,6 mL.

6. Calculer le TAC de l'eau de piscine. Conclure.

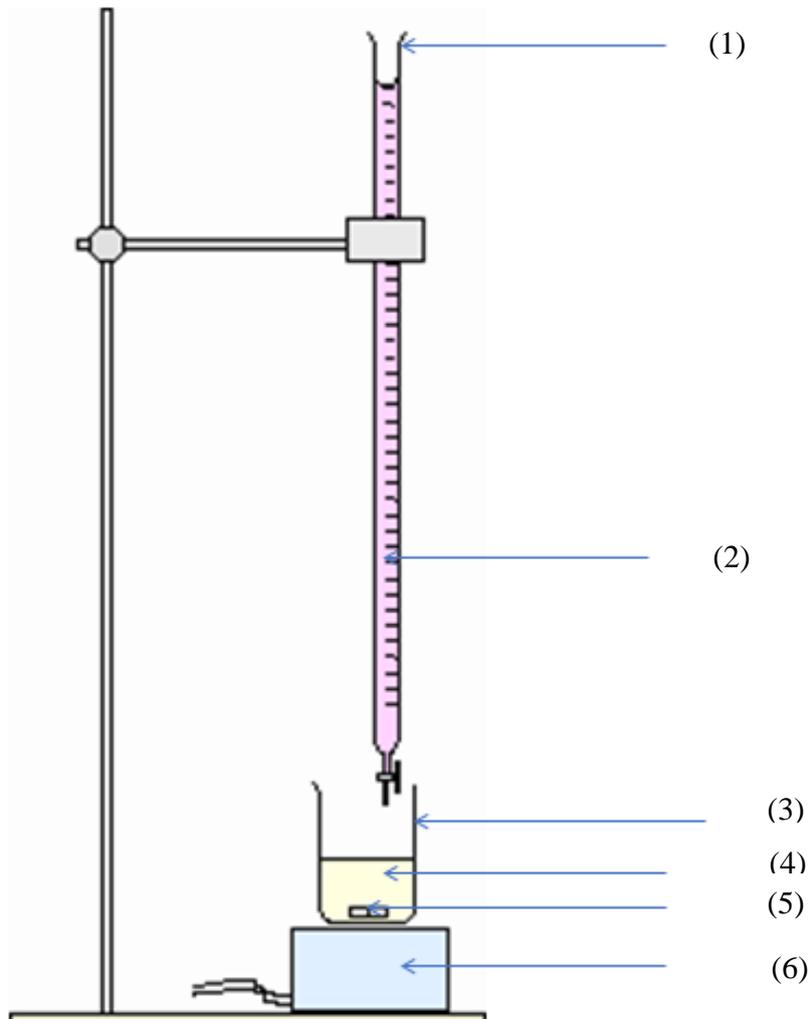
BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page <b>10</b> sur <b>11</b>

**Document réponse pour la partie C (à rendre avec la copie)**

3. Formation de l'acide hypochloreux  $HClO_{(aq)}$  : compléter l'équation de la réaction entre le dichlore et l'eau.



5. Étude du TAC : compléter le schéma du dispositif du dosage sur le document réponse.



BTS Bâtiment	sujet	session 2021
Épreuve U32 - Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : BTE3SC		Page 11 sur 11