

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAVAUX PUBLICS

E3. MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES

U3.2 SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2013

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).
- Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

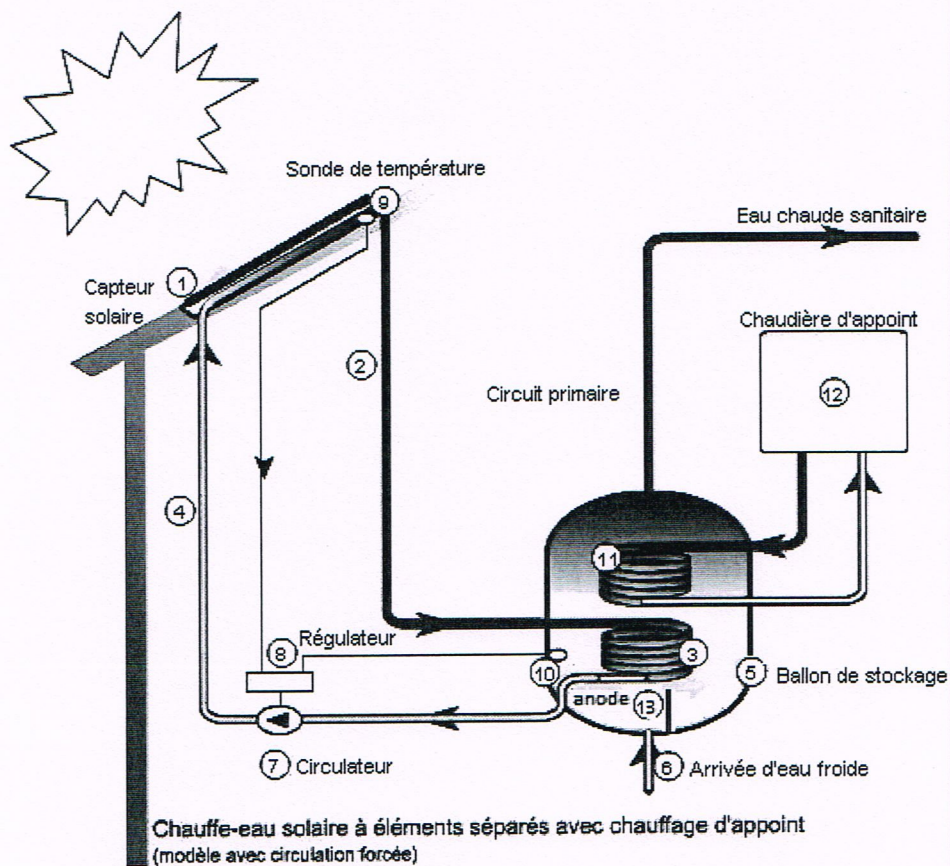
BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2013
CODE DE L'ÉPREUVE : 13TVE3SC1	Coefficient : 2	Page 1 sur 8

Installation d'un chauffe eau solaire

INTRODUCTION :

En vue d'économiser l'énergie utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire, de nombreuses constructions optent pour l'installation d'un chauffe-eau solaire. Un tel chauffe eau est composé :

- De capteurs solaires qui transmettent le rayonnement solaire direct et diffus sous forme de chaleur.
- D'un ballon de stockage de l'eau chaude sanitaire.
- D'une pompe qui assure la circulation du fluide caloporteur jusqu'à la cuve de stockage de l'eau.
- D'un régulateur qui gère l'appoint nécessaire pour les périodes de faible ensoleillement (par l'intermédiaire d'une chaudière à condensation).



D'après Brochure ADEME « Le chauffe eau solaire individuel ».

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2013
CODE DE L'ÉPREUVE : 13TVE3SC1	Coefficient : 2	Page 2 sur 8

Le problème est composé de 3 parties indépendantes :

- Partie A : Étude des déperditions thermiques dans le ballon (7 points)

Ce réservoir contient deux échangeur de chaleur : l'un pour l'apport solaire, l'autre pour l'appoint. Il a une capacité de 300 litres, ce qui permet d'assurer 70% des besoins annuels d'eau chaude sanitaire pour une famille de cinq personnes. L'isolation thermique est garantie par une mousse isolante de 100 mm d'épaisseur.

- Partie B : Étude de la station solaire (4,5 points)

Elle est constituée d'une pompe électrique, des thermomètres pour observer les températures dans les conduites aller et retour, d'un manomètre et des soupapes de sécurité. Nous étudierons la circulation du fluide caloporteur.

- Partie C : Protection du ballon contre la corrosion (8,5 points)

La protection anti-corrosion du ballon est assurée par un double émaillage et la présence d'une anode en magnésium. Elle garantit une meilleure qualité de l'eau chaude sanitaire et une durée de vie optimale de l'installation.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2013
CODE DE L'ÉPREUVE : 13TVE3SC1	Coefficient : 2	Page 3 sur 8

• **Partie A : Étude des déperditions thermiques dans le ballon (7 points).**



Le ballon a une capacité de remplissage en eau de 300 litres, une hauteur $H = 1,65$ m et un diamètre $D = 0,70$ m. Par une journée ensoleillée (même en septembre), les capteurs solaires élèvent la température de l'eau dans le ballon.

Le ballon est posé sur le sol car sa masse totale est de 460 kg, sa base ne participe pas aux échanges de chaleur.

La ventilation du local dans lequel le ballon est placé assure une température extérieure uniforme.

Données :

- Masse volumique de l'eau $\rho = 1,0 \cdot 10^3$ kg.m⁻³
- Capacité thermique massique de l'eau $C = 4,18 \cdot 10^3$ J.kg⁻¹.°C⁻¹
- Conversion kilowattheure 1kW.h = 3,6.10⁶J

A.1 Étude des pertes thermiques par conduction dans le ballon au cours d'une nuit.

L'isolation thermique du ballon est due à une enveloppe amovible en mousse d'épaisseur $e = 100$ mm et de conductivité thermique $\lambda = 8,0 \cdot 10^{-2}$ W.m⁻¹.K⁻¹. On suppose que la température de l'eau dans le ballon vaut 75°C et que la température extérieure est de 18°C.

A.1.1 On dispose au laboratoire du matériel suivant : thermomètres avec sonde, multimètre, chronomètre, source lumineuse blanche, vase en aluminium de 500 mL et couvercle, plaque de polystyrène expansé de 1,0 cm d'épaisseur, cristallisoir en verre, thermoplongeur, alimentation stabilisée de 6V, rouleaux de mousse de différentes épaisseurs (0,5 cm, 1,0 cm et 1,5 cm).

En choisissant le matériel adapté, proposer une expérience permettant de mettre en évidence l'influence d'une augmentation d'épaisseur de la mousse sur la diminution des pertes thermiques par conduction au sein du ballon d'eau chaude.

A.1.2 Rappeler l'expression de la loi reliant la densité de flux thermique par mètre carré, ϕ , la différence de température $\Delta\theta$ et la résistance thermique R.

A.1.3 Montrer que le flux thermique par mètre carré, ϕ , a pour valeur $4,6 \cdot 10^1$ W.m⁻².

A.1.4 Vérifier que la valeur de la surface de contact entre le chauffe eau et l'air est $S = 4,0$ m².

A.1.5 Calculer le flux thermique Φ .

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2013
CODE DE L'ÉPREUVE : 13TVE3SC1	Coefficient : 2	Page 4 sur 8

A.2 Détermination de la chute de température de l'eau dans le ballon la nuit.

On suppose que la diminution de la température de l'eau dans le ballon est due uniquement aux pertes par conduction. On considère qu'une nuit dure 12 heures et que la température extérieure au ballon reste égale à 18°C.

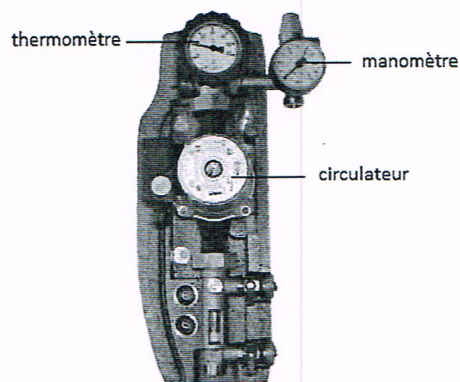
A.2.1 Montrer que la quantité de chaleur Q perdue par l'eau chaude en une nuit vaut $7,8 \cdot 10^6$ J. On suppose que le flux thermique reste égal à Φ , valeur calculée au A.1.5.

A.2.2 En déduire la chute de température ΔT de l'eau dans le ballon.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2013
CODE DE L'ÉPREUVE : 13TVE3SC1	Coefficient : 2	Page 5 sur 8

• **Partie B : Étude de la station solaire (4,5 points).**

La station contient la pompe (appelée circulateur) chargée de faire circuler le fluide caloporteur entre les panneaux solaires et le ballon d'eau chaude. Son débit volumique optimal est $Q_V = 20 \text{ L.min}^{-1}$, le diamètre des canalisations est 15 mm.



Données :

- masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$;
- accélération de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.
- pour un fluide en écoulement permanent entre 2 points 1 et 2, échangeant avec une machine une puissance P , l'équation de conservation de l'énergie dans une installation hydraulique est donnée par la relation :

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + (p_2 - p_1) + \rho \cdot g (z_2 - z_1) = \frac{P_u}{Q_V}$$

où Q_V est le débit volumique et P_u la puissance utile de la machine.

- $1 \text{ bar} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

B.1 Étude du débit du fluide caloporteur.

B.1.1 Calculer le débit massique Q_m .

B.1.2 Calculer la vitesse moyenne du fluide caloporteur en régime permanent.

B.1.3 Si la pompe ne fonctionne pas, quelle est la différence de pression du fluide entre la pompe et les panneaux sachant qu'on peut estimer la hauteur moyenne entre les deux à 7,0 m ?

B.2 Détermination de la puissance utile du circulateur.

Lorsque la pompe fonctionne, un manomètre indique un l'écart de pression entre la pompe et les panneaux solaires égal à 2,0 bars.

Calculer la puissance utile de la pompe.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2013
CODE DE L'ÉPREUVE : 13TVE3SC1	Coefficient : 2	Page 6 sur 8

• **Partie C : Protection du ballon contre la corrosion (8,5 points).**

Cette protection est assurée par un double émaillage du fer constituant la carcasse du ballon et par le contact de cette carcasse avec une anode en magnésium.

C.1. On plonge un clou en fer décapé dans un bécher contenant une solution de chlorure de sodium à 3% à laquelle on ajoute une petite quantité de solution de ferricyanure de potassium. Au bout de quelques heures on observe une coloration bleue dans la solution. Si on réalise la même expérience en ajoutant dans le bécher une plaque de zinc que l'on relie par un fil métallique au clou, cette coloration ne se constate plus. En revanche on mesure un courant électrique dans le fil métallique dans le sens fer-zinc.

Sachant que les ions ferricyanure réagissent avec les ions Fe^{2+} pour former un précipité bleu, expliquer en quoi ces deux expériences mettent en évidence le principe de la protection par anode sacrificielle ?

C.2. Quel autre métal parmi le plomb, l'aluminium ou le cuivre pourrait remplacer le magnésium pour protéger le ballon en supposant que celui-ci est intégralement en fer ? Justifier la réponse.

Données : Potentiel standard de couples :

Zn^{2+}/Zn $E^\circ = -0,76 \text{ V}$	Cu^{2+}/Cu $E^\circ = +0,34 \text{ V}$	Al^{3+}/Al $E^\circ = -1,66 \text{ V}$
Fe^{2+}/Fe $E^\circ = -0,44 \text{ V}$	Mg^{2+}/Mg $E^\circ = -2,37 \text{ V}$	Pb^{2+}/Pb $E^\circ = -0,13 \text{ V}$

C.3. Écrire la demi-équation d'oxydation du magnésium.

C.4. L'espèce responsable de cette oxydation est le dioxygène, dissout dans l'eau du robinet, appartenant au couple d'oxydoréduction $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ dont la demi-équation est $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$

Écrire l'équation - bilan modélisant l'oxydation du magnésium par le dioxygène.

C.5. L'intensité du courant de corrosion est estimée à 25 mA, calculer la durée d'utilisation de l'électrode de magnésium si sa masse est de 800 g. Exprimer le résultat en seconde puis en année.

Données :

- Masse molaire du magnésium : $M(\text{Mg}) = 24,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- Relation entre intensité et charge électrique : $I = \frac{Q}{\Delta t}$
- Charge de n moles d'électrons : $Q = n F$ ($1F = 96\,500 \text{ C}$)

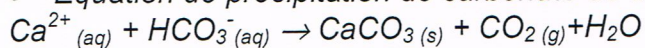
BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2013
CODE DE L'ÉPREUVE : 13TVE3SC1	Coefficient : 2	Page 7 sur 8

C.6. En réalité, l'agent de maintenance change l'électrode de magnésium au bout de 5 ans. Il constate, en observant l'électrode usagée, qu'elle est recouverte d'une pellicule solide blanche de carbonate de calcium appelée calcaire.

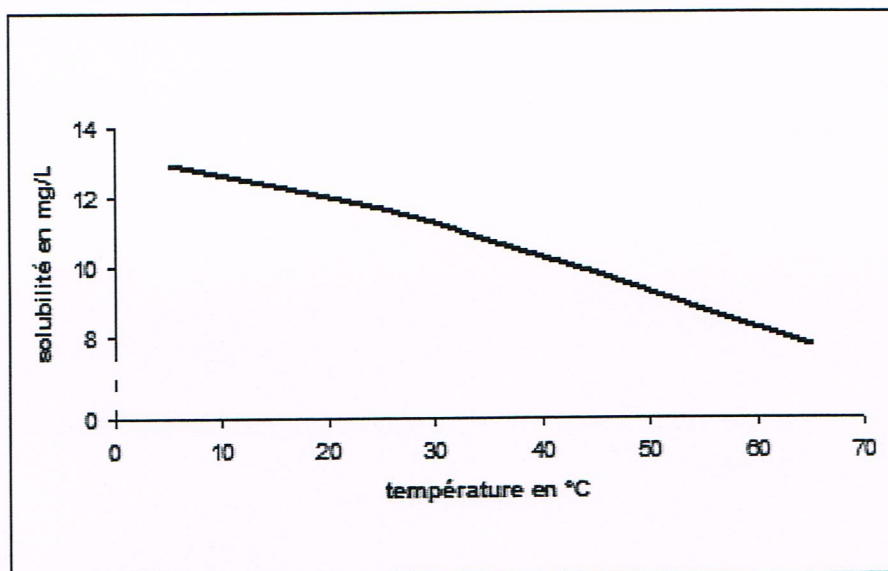
Proposer une explication pour justifier la présence de ce dépôt solide.

Données :

- Équation de précipitation de carbonate de calcium :



- Solubilité du carbonate de calcium :



- Composition d'une eau du robinet :

Ions	Concentration en mg/L
Ca^{2+}	38
Mg^{2+}	3,6
HCO_3^{-}	163
SO_4^{2-}	21
K^{+}	3,5
Cl^{-}	11
NO_3^{-}	6

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2013
CODE DE L'ÉPREUVE : 13TVE3SC1	Coefficient : 2	Page 8 sur 8