Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS TP, veuillez visiter :
btstp.fr/annales-sujets-et-corriges

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.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

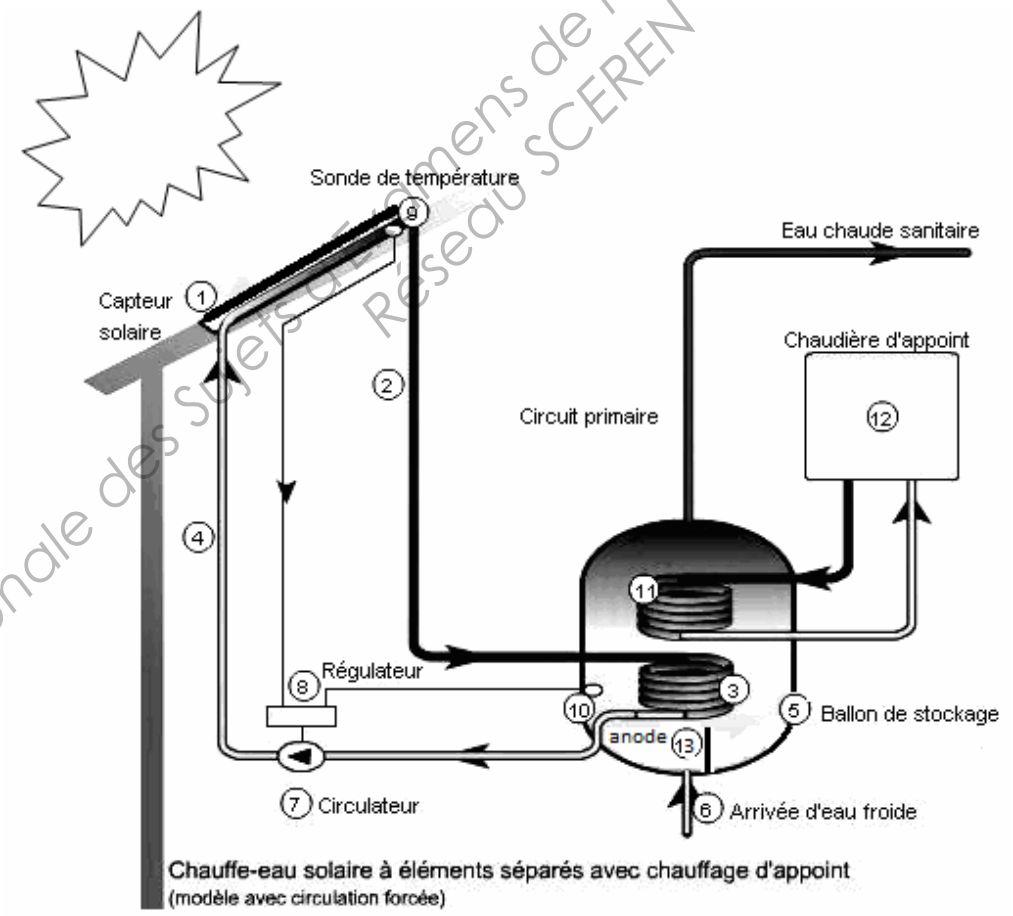
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

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 ».

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

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.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

- **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* $\rho = 1{,}0.10^{3}\ kg.m^{-3}$
- *Capacité thermique massique de l'eau* $C = 4{,}18.10^{3}\ J.kg^{-1}.℃^{-1}$
- *Conversion kilowattheure* $1kW.h = 3{,}6.10^{6} J$

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 $\lambda = 8{,}0.10^{-2}\ W.m^{-1}.K^{-1}$*. On suppose que la température de l'eau dans le ballon vaut 75℃ et que la température extérieure est de 18℃.*

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 $4{,}6.10^{1}\ W.m^{-2}$.

A.1.4 Vérifier que la valeur de la surface de contact entre le chauffe eau et l'air est $S = 4{,}0\ m^{2}$.

A.1.5 Calculer le flux thermique Φ.

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel Réseau SCEREN

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

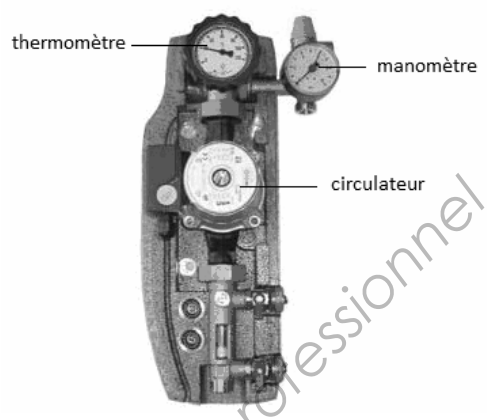
On suppose que la diminution de la température de l'eau dans le ballon est due uniquement aux pertes par conduction. On considère qu'une nuit dure 12 heures et que la température extérieure au ballon reste égale à 18°C.

A.2.1 Montrer que la quantité de chaleur Q perdue par l'eau chaude en une nuit vaut $7{,}8.10^6$ 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.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

- **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 $Q_V = 20\ L.min^{-1}$, le diamètre des canalisations est 15 mm.

***Données** :*

- *masse volumique de l'eau : $\rho = 1{,}0.10^3\ kg.m^{-3}$;*
- *accélération de la pesanteur : $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$.*
- *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 :*

$$\frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right) + \left(p_2 - p_1\right) + \rho.g\left(z_2 - z_1\right) = \frac{P_u}{Q_v}$$

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

- *1 bar = $1{,}0.10^5$ 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.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

- **<u>Partie C : Protection du ballon contre la corrosion (8,5 points)</u>.**

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.

<u>Données</u> : Potentiel standard de couples :

Zn^{2+}/Zn $E° = -0,76$ V	Cu^{2+}/Cu $E^{\circ} = +0,34$ V	Al^{3+}/Al $E^{\circ} = -1,66$ V
Fe^{2+}/Fe $E^{\circ} = -0,44$ V	Mg^{2+}/Mg $E^{\circ} = -2,37$ V	Pb^{2+}/Pb $E^{\circ} = -0,13$ 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 O_2/H_2O dont la demi-équation est $O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$*

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.

<u>Données</u> :

- *Masse molaire du magnésium : M (Mg)= 24,0 g.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 C)*

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

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.*

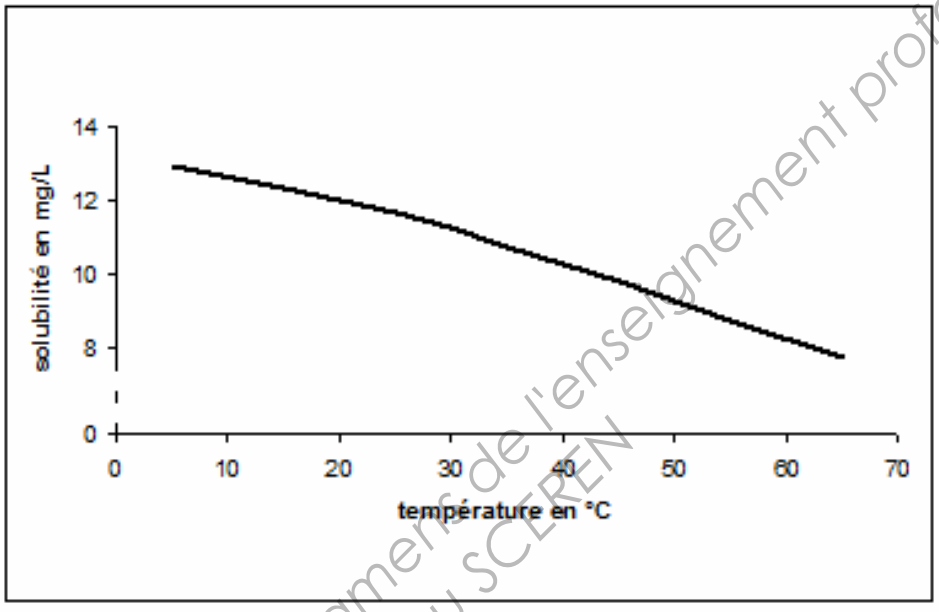
Proposer une explication pour justifier la présence de ce dépôt solide.

Données :

- *Équation de précipitation de carbonate de calcium :*

$Ca^{2+}_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow CaCO_{3\,(s)} + CO_{2\,(g)} + H_2O$

- *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*

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.