



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

session 2011

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

DOMOTIQUE

U32 – SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2011

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

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

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 DOMOTIQUE	SUJET	Session 2011
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 11-DOPHY1		Page 1/8

Thème : L'eau chaude sanitaire

Partie I : Etude d'un chauffe-eau solaire

A – Le ballon de stockage

B – Le circuit primaire : capteur solaire et circulateur

C – Le dispositif électrique d'appoint

Partie II : Qualité de l'eau

A – La dureté

B – L'alcalinité

Les parties I et II sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2011
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 11-DOPHY1		Page 2/8

Partie I : Etude d'un chauffe-eau solaire

Selon l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), l'eau chaude sanitaire (ECS) représente environ 3% de la consommation nationale d'énergie. Parmi les recherches de solutions possibles des réductions des dépenses d'énergie, elle préconise l'exploitation des énergies renouvelables. Cet exercice propose l'étude du fonctionnement d'un chauffe-eau solaire.

Principe de fonctionnement (voir schéma de principe sur la figure 1 en annexe) :

Un capteur solaire (1) est installé sur le toit. C'est le coeur du système : il reçoit le rayonnement solaire.

Le circuit primaire (2) contient de l'eau additionnée d'antigel. Ce liquide s'échauffe en passant dans le capteur.

Grâce à un échangeur thermique en forme de serpentin (3), il cède ses calories à l'eau sanitaire contenue dans le ballon de stockage (5). Le liquide caloporteur, refroidi, repart (4) vers le capteur où il est chauffé à nouveau.

Une petite pompe électrique, le circulateur, met en mouvement le liquide caloporteur quand il est plus chaud que l'eau sanitaire du ballon. Son fonctionnement est commandé par un dispositif de régulation (8) : si la sonde du ballon (10) relève une température plus élevée que celle du capteur (9), la régulation coupe le circulateur. Sinon, le circulateur est remis en route et le liquide primaire réchauffe l'eau sanitaire du ballon.

D'autre part, l'énergie solaire peut ne pas assurer la totalité de la production d'eau chaude (hiver, demi-saison ou longue période de mauvais temps). Aussi le ballon est équipé d'un dispositif d'appoint, qui prend le relais en cas de besoin, et reconstitue le stock d'eau chaude. Il peut s'agir d'une résistance électrique ou d'un échangeur (11) relié à une chaudière (12).

D'après le site de l'ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Les parties A, B, et C sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

A – Le ballon de stockage :

Le ballon sera assimilé à un cylindre de hauteur $H = 1,0$ m et de volume $V = 150$ L.

L'eau froide (6) arrive à la température $\theta_f = 15$ °C et l'eau chaude sanitaire doit ressortir à la température : $\theta_c = 65$ °C.

L'appareil, arrêté depuis plusieurs jours, doit être remis en fonctionnement. On considère que le ballon est rempli d'eau froide, à la température θ_f .

- 1) Calculer la quantité de chaleur Q nécessaire pour élever la température de l'eau jusqu'à $\theta_c = 65$ °C.
- 2) Calculer la puissance minimale nécessaire pour que la durée de cette opération soit de 5 heures (on considèrera qu'aucun soutirage d'eau n'a lieu pendant ce temps).
- 3) Pourquoi est-il nécessaire d'équiper un tel système d'un vase d'expansion ou d'une soupape de sécurité ?

Données : Capacité calorifique massique de l'eau : $c = 4,18 \times 10^3$ J.kg⁻¹.°C⁻¹

Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000$ kg.m⁻³.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2011
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 11-DOPHY1		Page 3/8

B – Le circuit primaire : capteur solaire et circulateur

Le capteur solaire est plan. Le fluide caloporteur est assimilé à de l'eau.

- 1) Déterminer la surface du panneau solaire, considéré comme plan, pour avoir une installation de puissance utile $P = 1800 \text{ W}$. On considérera le rendement de cette installation solaire constant : $\eta = 0,65$.

Les conditions de fonctionnement sont décrites par :

Température extérieure sous abri : $\theta_e = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
Température intérieure du capteur solaire : $\theta_i = 75 \text{ }^\circ\text{C}$
Rayonnement solaire moyen : $\Phi = 800 \text{ W.m}^{-2}$.

- 2) Le fluide caloporteur circule dans le circuit primaire à un débit volumique Q_v . Il entre dans le capteur solaire à la température θ_4 et ressort à la température θ_2 .
- a) Etablir l'expression de P en fonction du débit volumique Q_v et des températures θ_2 et θ_4 .
- b) En déduire la valeur du débit volumique Q_v , que l'on exprimera en L.h^{-1} .

On prendra les températures de fonctionnement suivantes :

À l'entrée du capteur solaire : $\theta_4 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.
À la sortie du capteur solaire : $\theta_2 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$.

On rappelle les données suivantes :

Capacité calorifique massique de l'eau : $c = 4,18 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

- 3) On considère que le débit volumique vaut $Q_v = 100 \text{ L.h}^{-1}$. Sachant que les tuyaux ont un diamètre nominal intérieur $d = 12 \text{ mm}$, calculer la vitesse de circulation du fluide caloporteur.
- 4) Déterminer la pression P_A , qui doit garantir le fonctionnement de la pompe (point A de la figure 1), en admettant qu'au niveau du capteur solaire (point B de la figure 1), la pression du fluide caloporteur est égale à $P_B = 2,5 \text{ bar}$. On négligera les pertes de charge et on considérera que les canalisations sont de même section.

On prendra les hauteurs suivantes : pour le capteur : $Z_B = 15 \text{ m}$
pour la pompe : $Z_A = 0 \text{ m}$

On rappelle l'équation de Bernoulli entre les points 1 et 2 pour un fluide parfait :

$$(P_2 - P_1) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_2^2 - v_1^2) + \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) = 0 \quad \text{avec} \quad g = 10 \text{ m.s}^{-2}$$

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2011
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 11-DOPHY1		Page 4/8

C – La commande du dispositif électrique d'appoint :

La mise en marche ou l'arrêt du dispositif d'appoint repose sur le montage électronique présenté ci-dessous (figure 2).

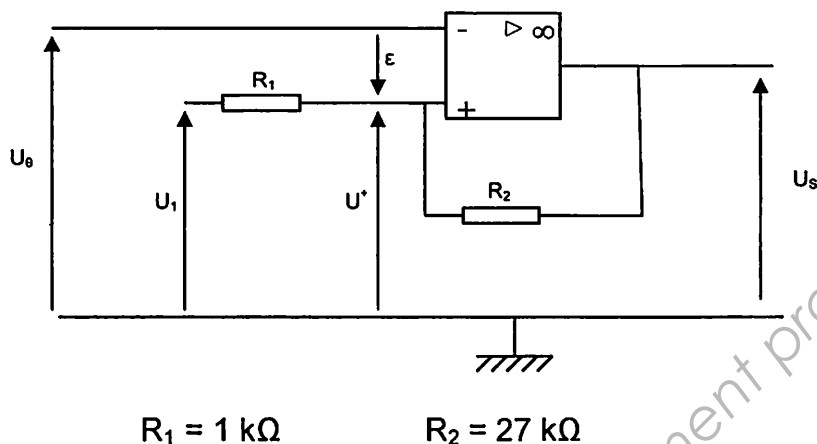


Figure 2

L'amplificateur opérationnel est considéré comme idéal. Ses tensions de saturation valent respectivement : $+V_{\text{sat}} = +14 \text{ V}$ et $-V_{\text{sat}} = -14 \text{ V}$

La tension U_θ est délivrée par un capteur de température situé dans le ballon de stockage. Elle vérifie la relation $U_\theta / \theta = 0,1 \text{ V} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

La tension U_1 est délivrée par un générateur de tension variable, réglé à $U_1 = 6,22 \text{ V}$.

Si $U_s < 0$, le dispositif électrique d'appoint est arrêté.

Si $U_s > 0$, ce dispositif se met en marche.

1) Comment se nomme ce type de montage électronique ?

2) Montrer que :
$$U^+ = \frac{R_1 U_s + R_2 U_1}{R_1 + R_2}$$

3) Quelles sont les deux valeurs possibles pour U^+ ?

4) On suppose que la température dans le ballon vaut $\theta = 70 \text{ }^\circ\text{C}$. Montrer que le dispositif électrique d'appoint est arrêté.

Une diminution prolongée de l'ensoleillement provoque une baisse de température de l'eau du circuit primaire et donc de celle du ballon de stockage.

5) À partir de quelle température θ_{min} du ballon de stockage, le dispositif électrique d'appoint va-t-il se mettre en marche ?

6) Jusqu'à quelle température θ_{max} le dispositif électrique d'appoint restera-t-il en marche ?

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2011
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 11-DOPHY1		Page 5/8

Partie II : Qualité de l'eau

Selon ses caractéristiques physico-chimiques (minéralisation, pH, température, alcalinité, dureté...), une eau de distribution peut présenter certains inconvénients en ce qui concerne les usages domestiques.

Une eau trop dure, par exemple, favorise, à partir de 55°C, la formation de tartre dans les appareils de chauffage. Ces dépôts empêchent le transfert de chaleur, le volume des récipients diminue et les conduites peuvent être obstruées.

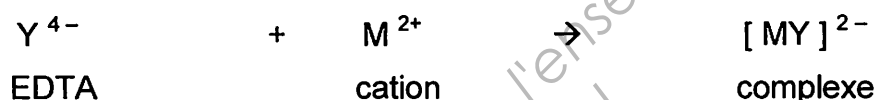
On se propose, dans cet exercice, d'étudier deux de ces paramètres.

Les parties A, B sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

A – La dureté :

La dureté de l'eau est essentiellement liée à la concentration molaire en ions calcium (Ca^{2+}) et en ions magnésium (Mg^{2+}). Elle est caractérisée par son T.H. (Titre Hydrotimétrique).

Elle est déterminée en dosant l'eau étudiée avec l'EDTA qui forme avec les cations Ca^{2+} et Mg^{2+} un complexe coloré selon la réaction suivante :



On utilise le noir ériochrome T (N.E.T.) comme indicateur coloré pour repérer l'équivalence du dosage de l'ensemble des cations Ca^{2+} et Mg^{2+} .

Rappel : Le titre hydrotimétrique français est donné par la relation $^{\circ}\text{TH} = 10 \times C$ avec C : concentration molaire en cations Ca^{2+} et Mg^{2+} , exprimée en mmol.L^{-1} .

Expérience : On verse un volume $V_3 = 50 \text{ mL}$ d'eau dans un erlenmeyer contenant une solution tampon à $\text{pH} = 9$ et quelques gouttes de N.E.T.

On dose avec de l'EDTA de concentration $C_4 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume versé à l'équivalence vaut $V_4 = 14,3 \text{ mL}$.

- 1) Déterminer la concentration C_3 en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .
- 2) En déduire le $^{\circ}\text{TH}$ de cette eau.
- 3) Que peut-on en conclure quant à la qualité de l'eau ?

Données :

Degré hydrotimétrique français	Qualité de l'eau
$^{\circ}\text{TH} < 15$	Eau douce
$15 < ^{\circ}\text{TH} < 35$	Eau dure
$^{\circ}\text{TH} > 35$	Eau très dure

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2011
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 11-DOPHY1		Page 6/8

B – L'alcalinité :

Pour une eau de pH inférieur ou égal à 8,3, l'alcalinité d'une eau est liée essentiellement à la présence des ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-). Elle est caractérisée par son T.A.C. (Titre Alcalimétrique Complet).

Rappel: Le T.A.C. d'une eau correspond au volume (exprimé en mL) d'acide chlorhydrique de concentration $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en ions oxonium (H_3O^+) nécessaire pour doser 100 mL d'eau, en présence de vert de bromocrésol.

Expérience : On verse un volume $V_1 = 100 \text{ mL}$ d'eau dans un erlenmeyer et on y ajoute quelques gouttes de vert de bromocrésol.

On dose cet échantillon avec une solution d'acide chlorhydrique, de concentration en ions H_3O^+ $C_2 = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume versé à l'équivalence vaut $V_2 = 13,6 \text{ mL}$.

- 1) Décrire le changement de couleur de l'indicateur coloré au moment de l'équivalence.
- 2) Écrire les équations relatives à chaque couple acide/base mis en jeu.
- 3) Écrire l'équation de la réaction de titrage.
- 4) Déterminer le T.A.C. de cette eau.

Données :

Couples acide/base mis en jeu : $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ et $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$

Zone de virage du vert de bromocrésol :

Couleur de la forme acide	Zone de virage	Couleur de la forme basique
Jaune	$3,8 < \text{pH} < 5,4$	Bleu

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2011
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 11-DOPHY1		Page 7/8

ANNEXE

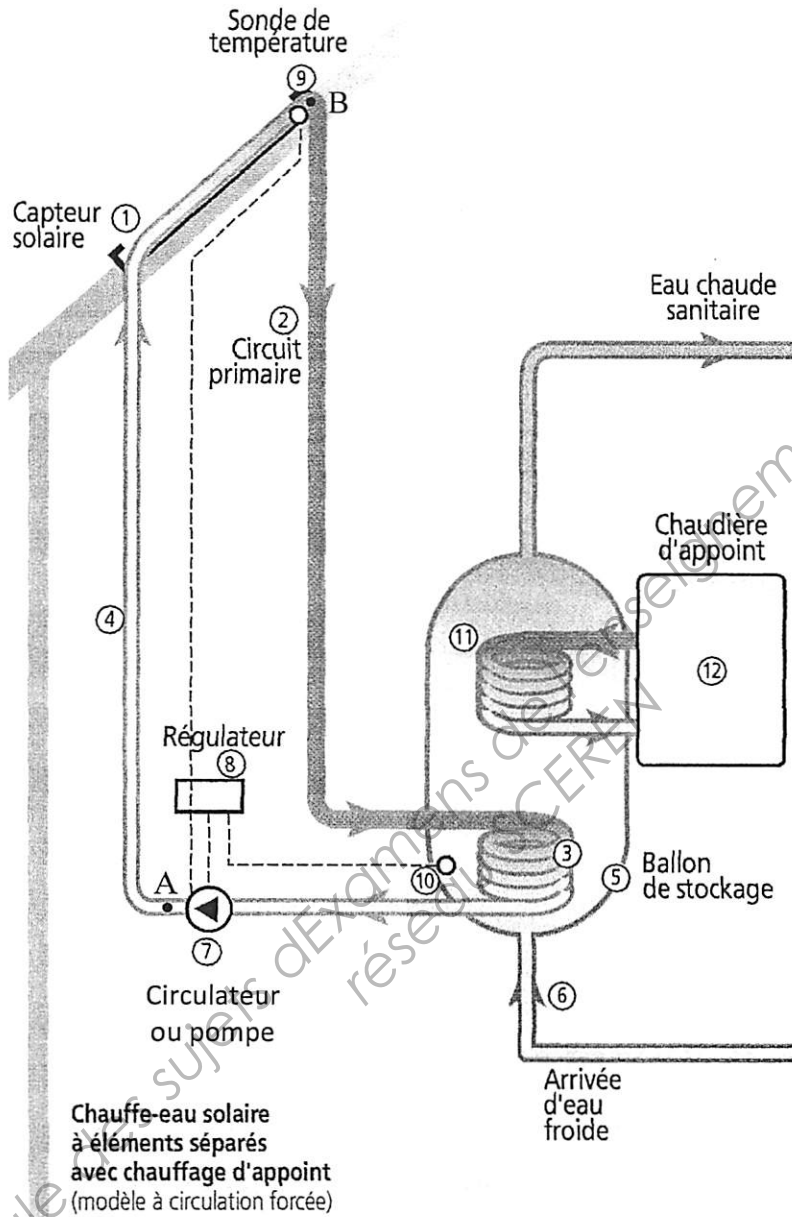


Figure 1 : principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2011
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 11-DOPHY1		Page 8/8