

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR DOMOTIQUE

## ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

### LE CHAUFFE EAU SOLAIRE

Ce sujet porte sur l'étude d'un chauffe eau solaire.  
Il se décompose en trois parties indépendantes :

#### Partie I : (7 points)

Etude de l'influence du vitrage sur le capteur solaire

#### Partie II : (7,5 points)

Etude de la régulation électronique de la pompe de circulation  
et de la puissance du capteur solaire.

#### Partie III : (5,5 points)

Etude de la protection du réservoir en aluminium contre la corrosion.

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7 y compris la page de présentation.

**1 DOCUMENT RÉPONSE à remettre avec la copie**

Assurez-vous qu'il est complet ; s'il est incomplet,  
veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

# Présentation du sujet d'étude : LE CHAUFFE EAU SOLAIRE

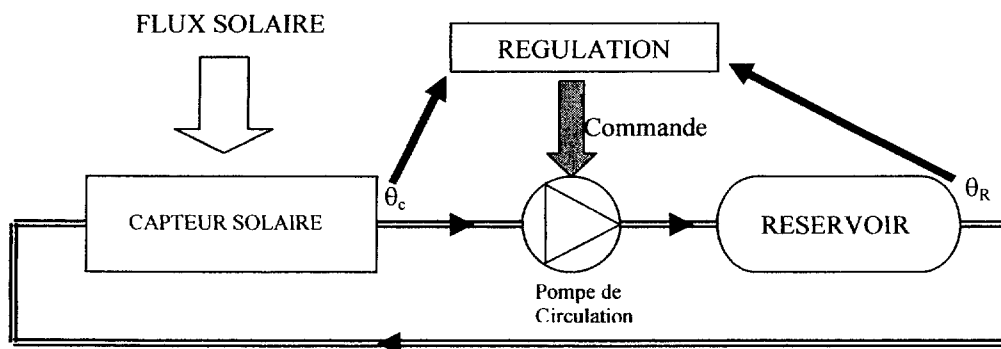


Vue du chauffe-eau solaire

Le chauffe eau solaire est constitué :

- **d'un capteur solaire** dans lequel circule un fluide chauffé par le rayonnement solaire à la température  $\theta_c$ ,
- **d'un réservoir** permettant le stockage de l'eau réchauffée à la température  $\theta_R$ ,
- **d'une pompe de circulation** permettant la circulation d'un fluide entre les deux parties dont le débit est commandé par **une régulation électronique**.

## Synoptique du fonctionnement



## Convention :

Les températures exprimées en Kelvin seront notées : T  
Les températures exprimées en degré Celsius seront notées :  $\theta$

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2008
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 8DOPHY1		Page 2/7

# PARTIE I : Etude de l'influence du vitrage sur le panneau solaire

Dans cet exercice, le soleil et le capteur seront considérés comme des corps noirs. On ne tiendra compte que des échanges thermiques par rayonnement.

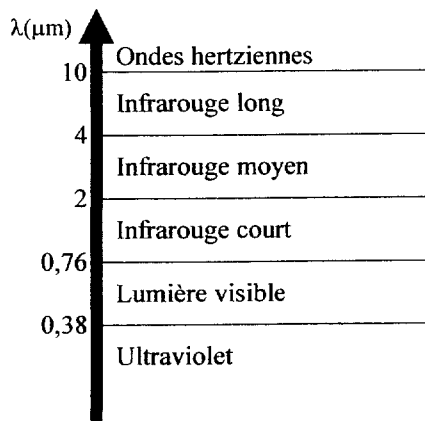
**Données :** Le soleil a une température de surface  $T_s = 5800 \text{ K}$   
Le capteur en équilibre thermique reçoit du soleil un flux énergétique surfacique  $\phi_s = 1,0 \text{ kW.m}^{-2}$ .

**Formulaire :** Loi de Stefan :  $\phi = \sigma T^4$ ,      Loi de Wien :  $\lambda_{\text{max}}.T = 3 \times 10^{-3} \text{ m.K}$  ;

avec  $\lambda_{\text{max}}$  : la longueur d'onde de rayonnement maximal en m  
 $\phi$  : flux énergétique surfacique en  $\text{W.m}^{-2}$  ;  
 $T$  : température absolue en kelvins ;  
 $\sigma$  : Constante de Stefan :  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$  ;

## I.1 Le capteur sans vitrage reçoit le flux solaire $\phi_s$ .

- I.1.1 Calculer la température  $T_c$  d'équilibre du capteur en kelvins puis en degré Celsius.
- I.1.2 Pourquoi le flux énergétique surfacique réémis  $\phi_c$  par le capteur vaut-il  $1000 \text{ W.m}^{-2}$  ?
- I.1.3 Déterminer les longueurs d'ondes  $\lambda_{c\text{max}}$  et  $\lambda_{s\text{max}}$  du rayonnement émis respectivement par le capteur et par le soleil.
- I.1.4 A l'aide du document ci-dessous, déterminer dans quelle partie du spectre se situent ces deux rayonnements.



Répartition des rayonnements infrarouges selon la longueur d'onde  $\lambda$

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2008
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 8DOPHY1		Page 3/7

## 1.2 On interpose une vitre entre le capteur solaire et le soleil.

Cette vitre est transparente pour le rayonnement visible. Elle absorbe totalement les infrarouges longs. Elle réémet vers l'extérieur et vers le capteur la totalité des infrarouges. Voir schéma ci-dessous.

On notera :

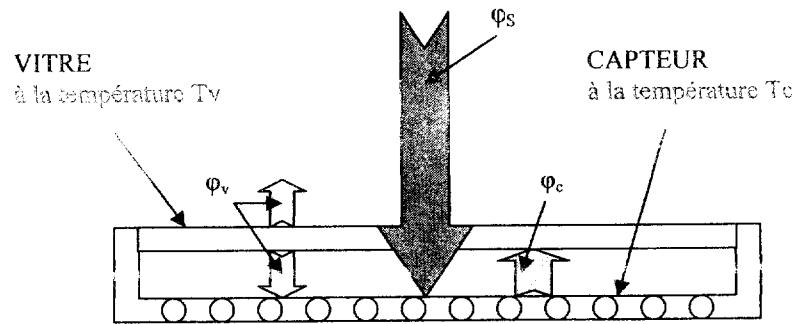
Le flux reçu ou émis par le capteur :  $\varphi_c$

Le flux reçu ou émis par la vitre :  $\varphi_v$

Le flux solaire reçu :  $\varphi_s$

La Température du capteur :  $T_c$

La Température de la vitre  $T_v$



I.2.1 A partir du schéma ci-dessus :

I.2.1.1 Déterminer l'expression du flux reçu par le capteur  $\varphi_c$  en fonction de  $\varphi_s$ ,  $\sigma$  et  $T_v$ .

I.2.1.2 Déterminer l'expression du flux émis par le capteur  $\varphi_c$  en fonction de  $\sigma$  et  $T_c$ .

I.2.1.3 En déduire que :  $\sigma \cdot T_c^4 = \varphi_s + \sigma \cdot T_v^4$

I.2.2 A partir du schéma ci-dessus :

I.2.2.1 Déterminer l'expression du flux reçu par la vitre  $\varphi_v$  en fonction de  $\sigma$  et  $T_c$ .

I.2.2.2 Déterminer l'expression du flux émis par la vitre  $\varphi_v$  en fonction de  $\sigma$  et  $T_v$ .

I.2.2.3 En déduire que :  $2 \cdot \sigma \cdot T_v^4 = \sigma \cdot T_c^4$

I.2.3 À partir des deux équations précédentes, montrer que la température du capteur est  $\theta_c = 160^\circ\text{C}$  et celle de la vitre  $\theta_v = 91^\circ\text{C}$ .

I.2.4 En comparant les résultats des questions I.1.1 et I.2.3, justifier l'intérêt d'ajouter une vitre sur le capteur.

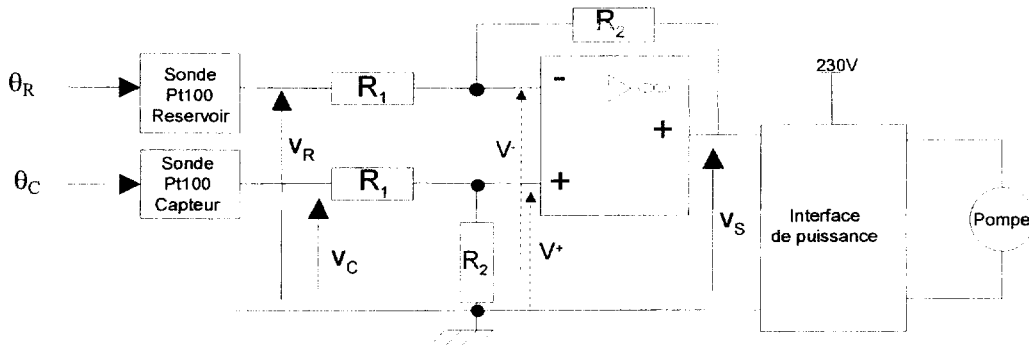
BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2008
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 8DOPHYI		Page 4/7

## PARTIE II : Etude de la régulation

La pompe permet la circulation de l'eau glycolée entre le capteur et le réservoir. Le montage régulateur ajuste le débit de la pompe en fonction de la différence de température entre les deux éléments. Ce réglage permet une optimisation du rendement du circuit solaire. La température de l'eau du réservoir d'eau chaude sera notée :  $\theta_R$  et celle du capteur  $\theta_C$ .

### II.1 Etude de la régulation électronique

Le schéma ci-dessous réalise la fonction régulation. L'interface de puissance n'est pas étudiée.



**Données :** Pour simplifier notre étude, l'Amplificateur Différentiel Intégré (ADI) est supposé idéal donc :  $i^+ = i^- = 0A$  et  $V^+ = V^-$  en régime linéaire.  
Les tensions d'alimentation de l'ADI sont :  $+V_{cc} = 12V$  et  $-V_{cc} = 0V$ , on supposera  $V_{sat} = V_{cc}$ .  
Les deux sondes de température de type Pt100 délivrent une tension de la forme :

$$v(\theta) = 3,92 \cdot 10^{-2} \times \theta + 10$$

Où  $\theta$  est la température exprimée en degré Celsius et  $v(\theta)$  la tension en Volts.

II.1.1 Donner :

- II.1.1.1 le régime de fonctionnement de l'ADI
- II.1.1.2 l'expression de  $V^+$  en fonction de  $R_2$ ,  $R_1$  et  $v_C$
- II.1.1.3 l'expression de  $V$  en fonction de  $R_2$ ,  $R_1$  et  $v_R$  et  $v_S$

II.1.2 En déduire l'expression de  $v_S$  en fonction de  $R_2$ ,  $R_1$ ,  $v_C$  et  $v_R$ .

II.1.3 On donne :  $R_2 = 43,7 \text{ k}\Omega$  et  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ , montrer que  $v_S = 1,71 (\theta_C - \theta_R)$ .

II.1.4 On suppose la température du capteur constante :  $\theta_C = 65^\circ\text{C}$ . Compléter le tableau du document réponse 1 en y calculant les valeurs de  $v_S$  pour chaque valeur de  $\theta_R$ .

II.1.5 Quelle sera la valeur de  $v_S$  pour  $\theta_R < 58^\circ\text{C}$  ?

II.1.6 Compléter le document réponse 2, en traçant la caractéristique de  $v_S$  en fonction de  $\theta_R$ .

### II.2 Détermination de la puissance thermique fournie

La pompe de circulation a un débit volumique  $D_v$  proportionnel à la tension de commande  $v_S$ . L'eau entre dans le capteur solaire à la température  $\theta_R = 55^\circ\text{C}$  et sort à la température  $\theta_C = 65^\circ\text{C}$

On donne :  $D_v = 0,25 \times v_S$  avec  $D_v$  en  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  et  $v_S$  en V  
Capacité thermique de l'eau glycolée :  $C = 3290 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$   
Masse volumique de l'eau glycolée :  $\rho = 1060 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

II.2.1 Déterminer la valeur du débit volumique de la pompe  $D_v$  en  $\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$  pour  $v_S = 12V$ .

II.2.2 Déterminer la quantité de chaleur reçue par l'eau glycolée si elle traverse le capteur solaire en 1 min.

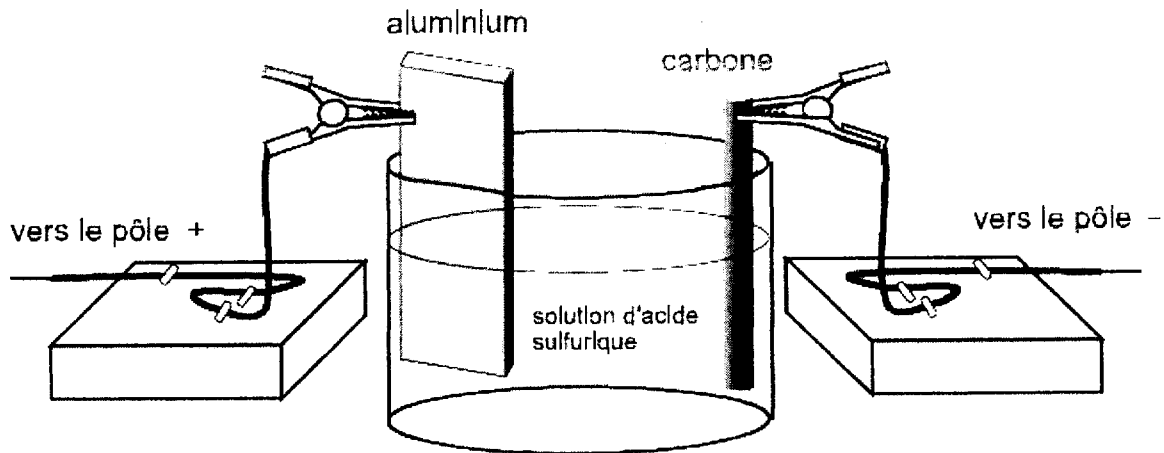
II.2.3 En déduire la puissance du capteur solaire.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2008
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 8DOPHY1		Page 5/7

## PARTIE III : Protection anodique de l'aluminium

Le réservoir du chauffe-eau solaire est fabriqué à partir de plaques en aluminium. Au contact de l'air, l'aluminium se recouvre d'une fine couche d'oxyde d'aluminium (l'alumine)  $Al_2O_3$  qui constitue une légère protection. Afin d'améliorer cette protection, on peut augmenter l'épaisseur d'alumine par électrolyse. Pour réaliser cette protection, on immerge une plaque d'aluminium et une électrode de carbone inattaquable dans un bain d'acide sulfurique. Puis, on relie les 2 électrodes à un générateur qui fait circuler un courant constant.

Voir le schéma ci-dessous :



<i>Données</i>	<i>Masse molaire :</i>	$M(Al) = 27 \text{ g.mol}^{-1} ; M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1} ;$
	<i>Charge d'une mole d'électrons</i>	$1F = 96500C ;$
	<i>Masse volumique de l'alumine</i>	$\rho = 3,13 \text{ g.cm}^{-3}.$
	<i>Surface totale immergée d'aluminium</i>	$S = 100 \text{ cm}^2$
	<i>Intensité du courant</i>	$I = 1A$

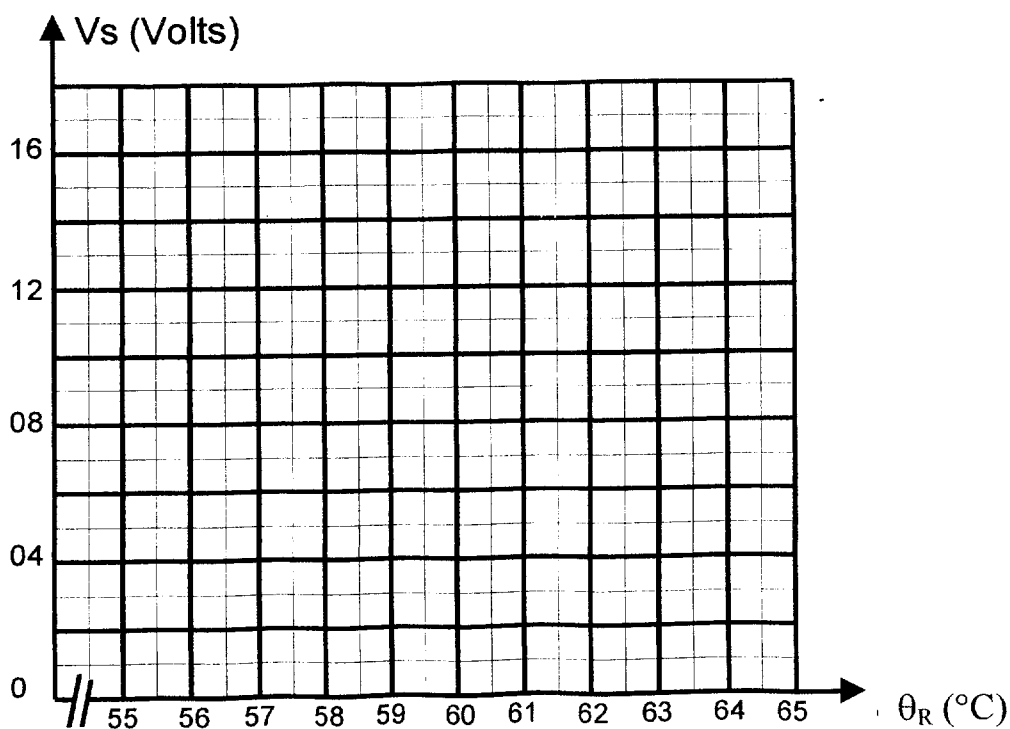
- III.1 Ecrire la demi équation électronique de l'oxydation concernant le couple  $Al^{3+}/Al$ .
- III.2 A partir des deux demi équations ci-dessous, déterminer l'équation de réaction globale.  
 La demi équation électronique à l'anode est la suivante :  $2Al + 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 6H^+ + 6e^-$   
 La demi équation électronique à la cathode est la suivante :  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$
- III.3 Dans quel sens se dirigent les électrons dans le circuit électrique ?
- III.4 Calculer le nombre de moles d'électrons fournis par le générateur durant les 10 minutes de traitement.
- III.5 Calculer la masse molaire de l'alumine.
- III.6 Montrer que la masse d'alumine déposée sur la plaque d'aluminium vaut :  $m = 106 \text{ mg}$ .
- III.7 En déduire la valeur de l'épaisseur de la protection ainsi déposée.

BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2008
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 8DOPHY1		Page 6/7

Document réponse 1

$\theta_R$	°C	65	63	61	58
$V_S$	Volts				

Document réponse 2



BTS DOMOTIQUE	SUJET	Session 2008
Épreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 8DOPHY1		Page 7/7