

**SESSION 2006**

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR**  
**ASSISTANCE TECHNIQUE D'INGENIEUR**  
**MATHEMATIQUES - PHYSIQUE APPLIQUEE**  
**EPREUVE U32 - SCIENCES PHYSIQUES**

**Durée : 2 heures**

**Coefficient : 2**

A l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

Documents à rendre avec la copie :

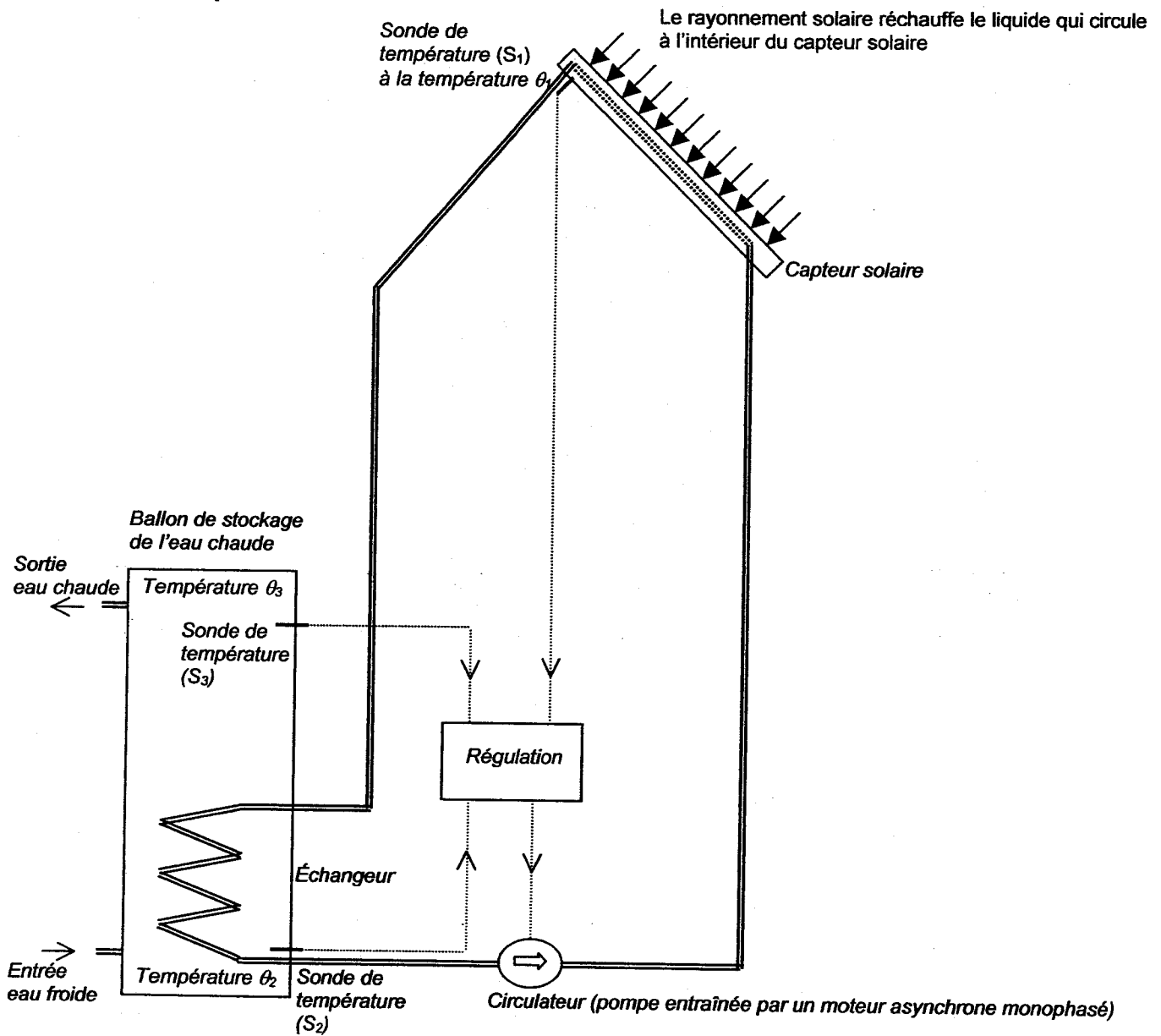
- document réponse n°1 page 6/7
- document réponse n°2 page 7/7

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.

code sujet : 06NC-ATPHY

# Étude de la régulation d'un chauffe-eau solaire thermique

## A. Schéma simplifié de l'installation



## B. Principe de fonctionnement

Le rayonnement solaire réchauffe l'eau du liquide à l'intérieur du capteur solaire pour le porter à la température  $\theta_1$ . L'eau froide, fournie par le réseau de distribution, rentre en bas du ballon de stockage à la température  $\theta_2$ . Les échanges thermiques à l'intérieur du ballon permettent de porter l'eau en sortie du ballon à la température  $\theta_3$ . Les températures sont relevées à l'aide de sondes de température identiques (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub>). Le circulateur piloté par le circuit de régulation permet d'assurer le contrôle de la température  $\theta_3$ .

Pour tout le sujet, les amplificateurs de différence intégrés (ADI), appelés aussi amplificateurs opérationnels sont alimentés par un système de deux tensions symétriques  $\pm V_{cc} = \pm 10V$ .

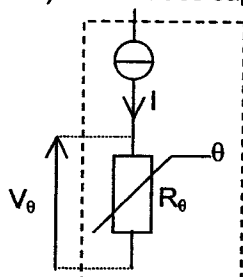
Les tensions de saturation sont telles que  $\pm V_{sat} = \pm 9V$ .

Pour toutes les autres caractéristiques, les ADI seront considérés comme parfaits.

Toutes les diodes seront considérées parfaites.

### Partie 1 : Etude des capteurs de température et de la mise en forme des tensions (4,75 points)

I.1) Chacun des capteurs de température peut être modélisé par le circuit électronique ci-dessous.

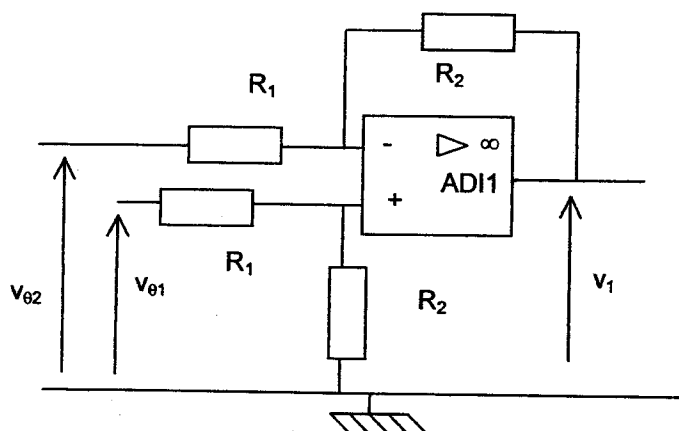


- \* Source de courant :  $I = 1 \text{ mA}$
- \* Résistance  $R_\theta$  qui dépend de la température  $\theta$  :  $R_\theta = 2,5.\theta + 540$   
 $R_\theta$  est exprimé en ohm ( $\Omega$ )  
 $\theta$  est en degré Celsius ( $^\circ\text{C}$ )
- \* Les sondes délivrent une tension  $V_\theta$  utilisée par la régulation.

I.1.1) Calculer la valeur de la tension (notée  $V_{90}$ ) aux bornes du capteur pour une température de  $90^\circ\text{C}$ .

- I.1.2) a) Exprimer la tension aux bornes de  $S_1$  (notée  $V_{\theta 1}$ ) en fonction de  $\theta_1$ .  
 b) Exprimer la tension aux bornes de  $S_2$  (notée  $V_{\theta 2}$ ) en fonction de  $\theta_2$ .

I.2) Etude de la fonction remplie par l'amplificateur de différence intégré ADI1 qui fonctionne en régime linéaire.



I.2.1) Déterminer l'expression littérale du potentiel  $V$  de l'entrée inverseuse de ADI1.

I.2.2) Déterminer l'expression littérale du potentiel  $V^+$  de l'entrée non inverseuse de ADI1.

I.2.3) Montrer que  $v_1 = k(V_{\theta 1} - V_{\theta 2})$ ; déterminer l'expression de  $k$ .

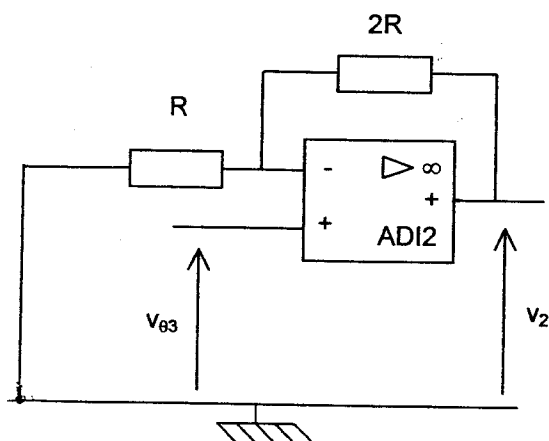
On donne :  $R_2 = 30 R_1$ ;

I.2.4) A l'aide des relations trouvées dans la partie I.1.2, montrer que :

$$v_1 = 0,075 (\theta_1 - \theta_2)$$

I.2.5) Calculer les valeurs de  $v_1$  pour des écarts de température ( $\theta_1 - \theta_2$ ) de  $3^\circ\text{C}$  et de  $10^\circ\text{C}$ ; elles seront notées respectivement  $v_1(3)$  et  $v_1(10)$ .

I.3) Etude de la fonction remplie par l'amplificateur de différence intégré ADI2.

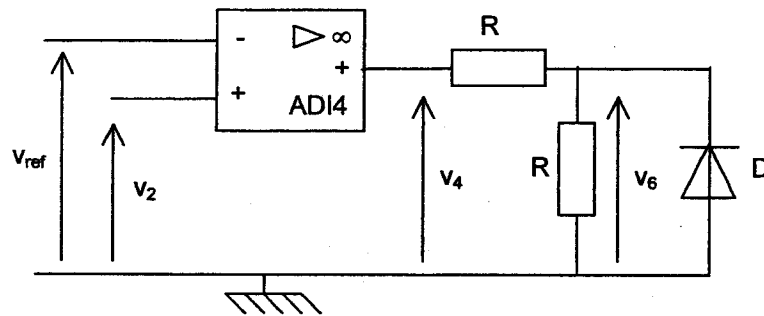


I.3.1) Justifier le régime de fonctionnement linéaire de ADI2.

I.3.2) Exprimer  $v_2$  en fonction de  $V_{\theta 3}$ , tension délivrée par la sonde  $S_3$ .

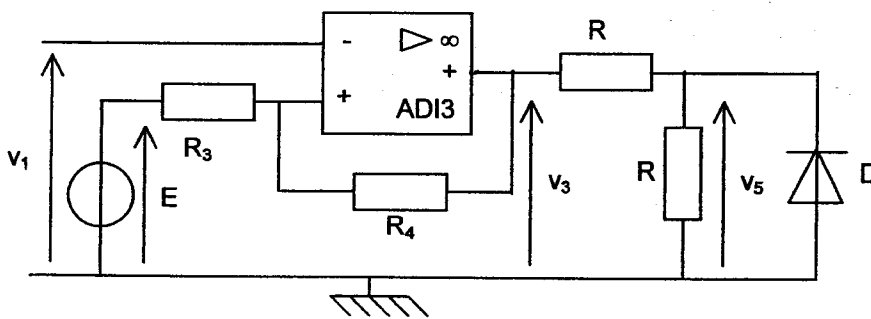
I.3.3) En déduire la valeur de  $v_2$  pour la température  $\theta_3$ , telle que  $\theta_3 = 90^\circ\text{C}$ , notée  $v_2(90)$ .

II.1) Etude du circuit construit autour du composant ADI4



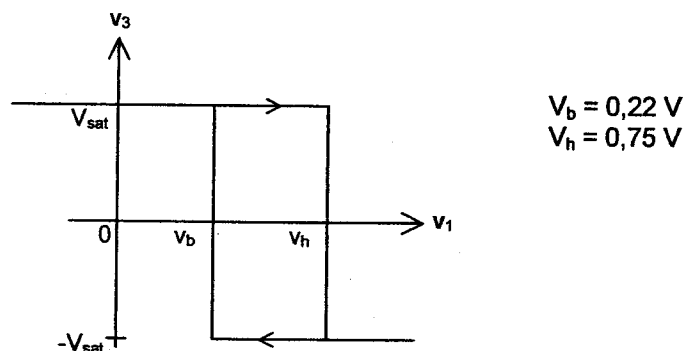
- II.1.1) Justifier le régime de fonctionnement de ADI4.
- II.1.2) Afin de pouvoir compléter le tableau 1 du document réponse n°1 page 6/7, justifier les différentes valeurs prises par  $v_4$  et  $v_6$  lorsque  $v_2$  varie de 1,77 V à 2,37 V, la tension  $v_{ref}$  étant réglée à 2,30 V.
- II.1.3) Compléter le tableau 1 du document réponse n°1 page 6/7.

II.2) Etude du circuit construit autour du composant ADI3

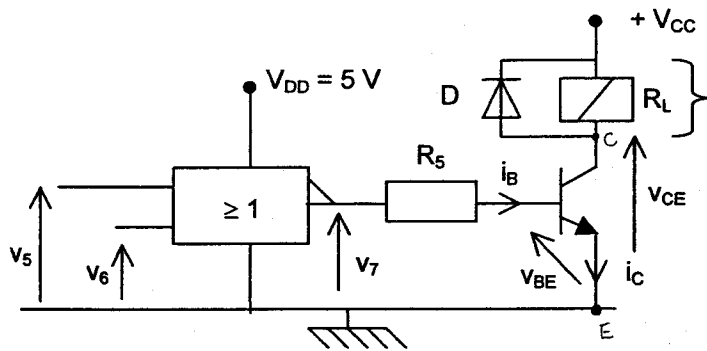


On donne :  $E = 0,5 \text{ V}$

La fonction de transfert  $v_3 = f(v_1)$  correspondant au montage précédent est tracée ci-dessous.



- II.2.1) Quelle est la fonction de ce montage ?
- II.2.2) A l'aide du schéma du montage ci-dessus, justifier que  $V_h$  et  $V_b$  ne sont pas des valeurs symétriques par rapport à 0.
- II.2.3) Compléter le tableau 2 du document réponse n°1 page 6/7 à l'aide de la fonction de transfert  $v_3 = f(v_1)$ .
- II.2.4) La diode D est considérée comme parfaite. Pour chacune des valeurs de  $v_3$ , déterminer les valeurs de  $v_5$ .

**Partie 3 Commande du moteur****(3,25 points)**

bobine du relais qui commande le moteur asynchrone du circulateur (résistance  $R_L$ )

On donne :  $R_5 = 330 \Omega$

- III.1) Pour la porte Non OU le niveau logique « 0 » correspond à une tension inférieure à  $V_{DD}/2$  et le niveau logique « 1 » correspond à une tension supérieure à  $V_{DD}/2$ .
- III.1.1) Compléter le tableau 3 du document réponse n°1 page 6/7.
- III.1.2) Pour quelles valeurs de  $v_5$  et  $v_6$  a-t-on  $v_7$  à l'état haut ?  
A quelles conditions d'écart de température ( $\theta_1 - \theta_2$ ) et de valeur de  $\theta_3$  correspondent des états hauts de  $v_7$  ?
- III.2)  $v_7 = 5 \text{ V}$ . Le transistor est saturé :  $v_{BEsat} = 0,7 \text{ V}$  et  $v_{CEsat} = 0,4 \text{ V}$ .
- III.2.1) Calculer l'intensité du courant  $i_{Bsat}$  qui provoque la saturation du transistor.
- III.2.2) Le transistor a un coefficient d'amplification de 30, calculer  $i_{Csat}$ .
- III.2.3) Calculer la résistance  $R_L$  de la bobine du relais.
- III.2.4) Quel est le rôle de la diode en parallèle avec la bobine du relais ?

**Partie 4 : Etude du moteur asynchrone monophasé****(3,5 points)**

Le moteur asynchrone monophasé qui fait tourner le circulateur a pour caractéristiques :

tension nominale : 230 V ; fréquence : 50 Hz ; courant nominal : 0,4 A  
 puissance mécanique utile : 60 W ; rendement : 80 % ; vitesse de rotation : 960 tr.min<sup>-1</sup>

- IV.1) Déterminer la vitesse de synchronisme  $n_s$  et le nombre de pôles de ce moteur ;
- IV.2) calculer la puissance électrique absorbée par ce moteur ;
- IV.3) calculer son facteur de puissance ;
- IV.4) calculer son glissement ;
- IV.5) calculer le moment de son couple utile.

**Partie 5 : Onduleur****(3,5 points)**

Le moteur asynchrone est en fait alimenté par l'intermédiaire d'un onduleur qui permet de régler la fréquence  $f$  de la tension d'alimentation  $V$  tout en maintenant le rapport  $V/f$  constant.

A la fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$ , la tension  $V$  vaut 230 V.

On considère que, dans un fonctionnement à  $V/f$  constant, la partie utile de la caractéristique mécanique  $T_u = f(n)$  est assimilable à un segment de droite se déplaçant parallèle à lui-même, lorsque la fréquence de la tension d'alimentation  $V$  varie.

Lorsque la fréquence de rotation varie, le couple résistant du circulateur conserve une valeur constante  $Tr(n) = 0,6 \text{ N.m}$ . Cette caractéristique est tracée sur le graphe du document réponse 2 page 7/7.

- V.1) Tracer, sur le document réponse, la caractéristique  $T_u(n)$  du moteur asynchrone à 50 Hz.
- V.2) La fréquence de la tension est réglée à 30 Hz :
- V.2.1) Calculer la nouvelle tension d'alimentation du moteur.
- V.2.2) Quelle est la nouvelle fréquence de synchronisme ?
- V.2.3) Tracer sur le document réponse 2 page 7/7 la partie utile de la nouvelle caractéristique  $T_u(n)$  du moteur asynchrone.
- V.2.4) Déterminer graphiquement la nouvelle fréquence de rotation du moteur.

Document réponse n°1 à rendre avec la copie

Tableau 1 :

$\theta_3$ (°C)	20	90	100
$v_2$ (V)	1,77	2,30	2,37
$v_4$ (V)			
$v_6$ (V)			

Tableau 2 :

$\theta_1 - \theta_2$ (°C)	0	la température augmente	13,3	la température diminue	0
$v_1$ (V)	0				0
$v_3$ (V)					
$v_5$ (V)					

Tableau 3 :

$v_5$	$v_6$	$v_7$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Document réponse n°2 à rendre avec la copie

