

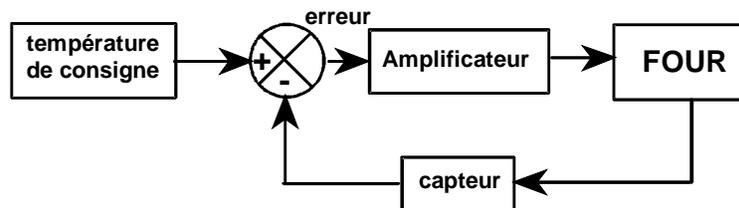
## EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

### PARTIE ELECTRICITE (durée conseillée : 1h 40min)

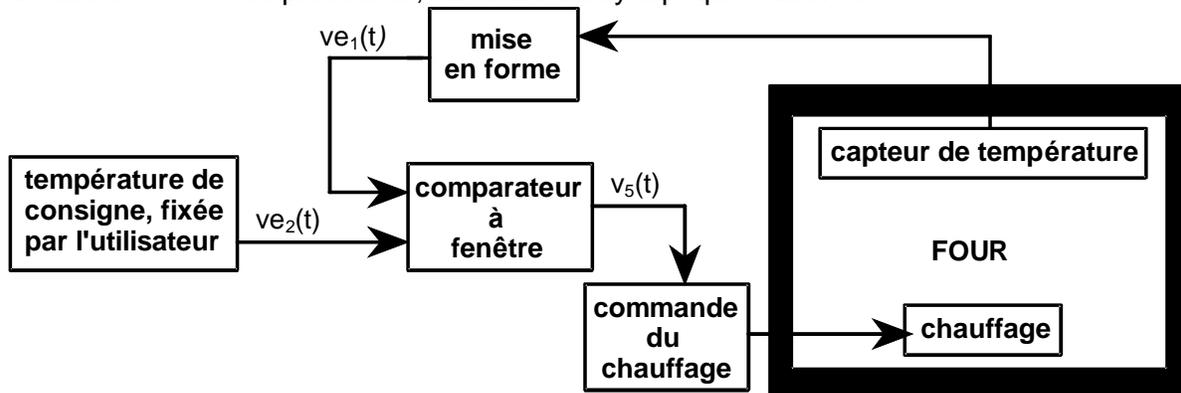
#### ETUDE DE LA REGULATION DE LA TEMPERATURE D'UN FOUR

Une feuille de papier millimétré pourra être fournie au candidat s'il le souhaite.

On veut maintenir constante la température d'un four, à une valeur de consigne fixée par l'utilisateur. Pour cela on insère un régulateur qui va permettre de contrôler la puissance apportée au dispositif de chauffage du four. La structure de base du régulateur est la suivante :



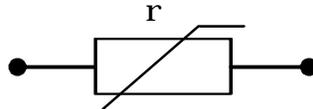
En détaillant le schéma précédent, on arrive au synoptique suivant :



Le problème comporte l'étude de quelques sous-ensembles. Chaque partie peut être traitée de façon indépendante, mais il est plus logique d'aborder chronologiquement l'exercice. Le candidat devra être vigilant sur l'homogénéité des relations, les applications numériques et les unités des grandeurs.

## 1. Etude du capteur de température et mise en forme du signal.

La température est prise à l'aide d'une résistance CTN (coefficient de température négatif), c'est à dire que la valeur ohmique du dipôle diminue, suivant une loi exponentielle, lorsque la température augmente. On modélise la CTN de la manière suivante :



L'évolution de la résistance  $\rho$  est donné par la relation :

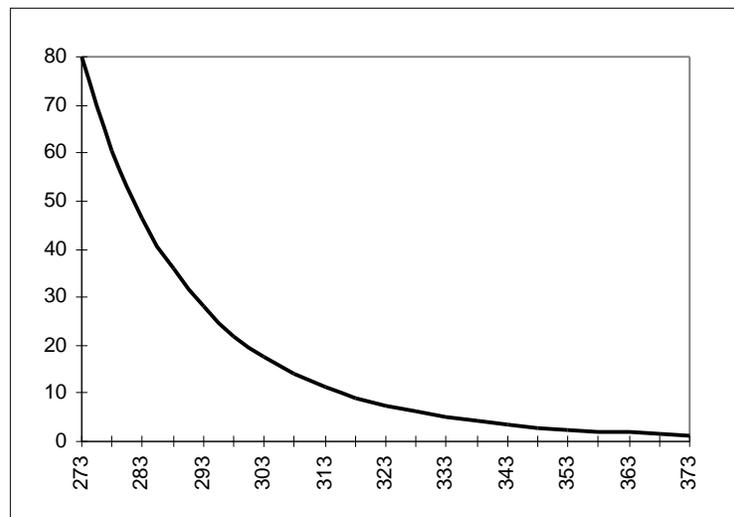
$$\rho = R_{298} e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298}\right)}$$

où T est la température absolue en kelvins

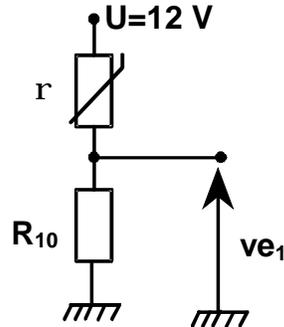
et  $\rho$  est la résistance en ohms

avec :  $R_{298} = 22 \text{ k}\Omega$  (résistance à 298 K) et  $B = 4200 \text{ K}^{-1}$

La caractéristique donnant l'évolution de  $\rho$  en kilohms en fonction de T en kelvins figure ci-dessous.



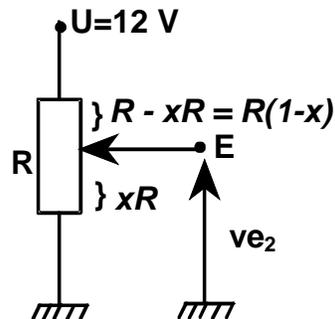
On utilise le capteur de la façon suivante :



- 1.1. Comment évolue  $ve_1(t)$  lorsque la température du four augmente ?
- 1.2. Calculer  $R_{10}$  pour que l'on ait  $ve_1 = 10V$  lorsque  $T = 373K$ .
- 1.3. Que vaut  $ve_1$  pour la valeur de  $R_{10}$  calculée précédemment à  $T = 293K$  ?

## 2. Réglage de la température de consigne.

Elle se fait par l'intermédiaire d'un potentiomètre décrit ci-dessous :



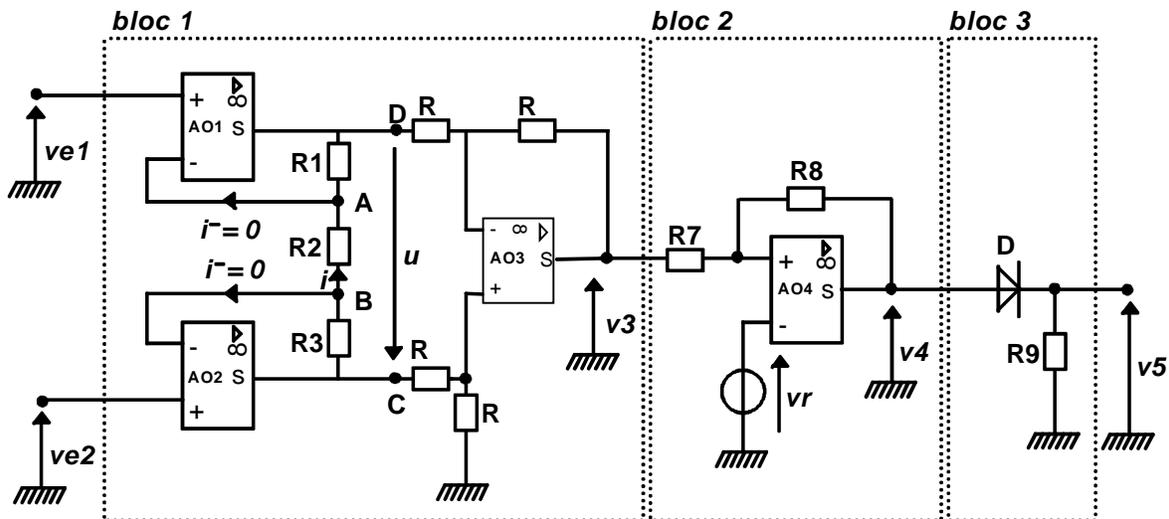
2.1  $x$  est un entier compris entre 0 et 1, lorsque la température évolue entre 0K et 373K. Donner l'évolution de  $ve_2$  en fonction de  $x$ .

2.2 Tracer  $ve_2 = f(x)$

2.3 Donner le modèle équivalent de Thévenin du dipôle vu entre le point E et la masse.

### 3. Etude du comparateur à fenêtre :

Il se compose de 3 sous ensembles  $\bullet$ ,  $\circ$ , et  $\mathcal{f}$  dans le schéma ci-dessous,  $ve_1$  et  $ve_2$  étant les tensions fournies par le capteur de température d'une part et par le réglage de la consigne d'autre part.



Les amplificateurs opérationnels sont alimentés entre  $+V_{cc} = +12\text{ V}$  et  $-V_{cc} = -12\text{ V}$ . On les considérera comme idéaux dans les calculs : courants d'entrée nuls, impédance d'entrée infinie, impédance de sortie nulle, amplification différentielle infinie, tension de saturation haute et basse égales aux tensions d'alimentation. En régime linéaire la tension d'entrée différentielle est nulle. Le temps de commutation est négligeable. Les potentiels sont toujours définis par rapport à la masse.

#### 3.1 BLOC N°1 :

En supposant que les amplificateurs AO1 et AO2 fonctionnent en régime linéaire :

3.1.1 donner le potentiel du point A par rapport à la masse ;

3.1.2 donner le potentiel du point B par rapport à la masse ;

3.1.3 exprimer le courant  $i$ .

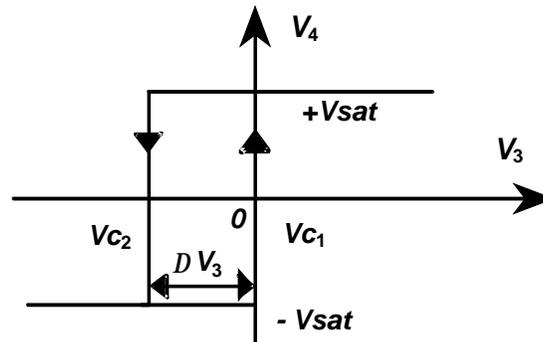
3.1.4. A partir des résultats précédents, exprimer enfin la tension  $u$  en fonction de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $ve_1$  et  $ve_2$ .

3.1.5. Exprimer la tension  $u$  en fonction du potentiel du point C et du potentiel du point D.

- 3.1.6.** Exprimer le potentiel de l'entrée inverseuse  $V_-$  de l'A.O.3 en supposant qu'il fonctionne en régime linéaire en fonction du potentiel  $v_C$  du point C.
- 3.1.7.** Exprimer le potentiel de l'entrée non inverseuse  $V_+$  de l'A.O.3 en fonction du potentiel  $v_D$  du point D et de  $v_3$ .
- 3.1.8.** En fonction des questions précédentes, donner alors l'expression de  $v_3$  en fonction de  $u$ .
- 3.1.9.** Synthèse : donner l'expression de  $v_3$  en fonction de  $v_{e1}$  et  $v_{e2}$   
Quelle est la fonction réalisée ?

### 3.2 BLOC N°2 :

Ce sous ensemble doit réaliser la fonction suivante :



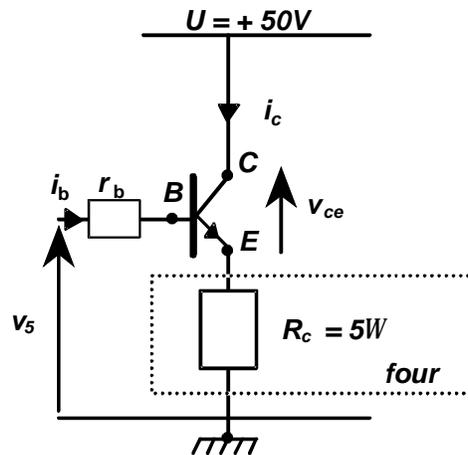
- 3.2.1.** Dans quel régime fonctionne l'A.O.4 ?
- 3.2.2.** Exprimer le potentiel de l'entrée inverseuse  $V_-$  de l'A.O.4.
- 3.2.3.** Exprimer le potentiel de l'entrée non inverseuse  $V_+$  de l'A.O.4  
en fonction de  $v_3$ ,  $v_4$ ,  $R_7$  et  $R_8$ .
- 3.2.4.** Donner l'expression de  $v_r$ , pour que  $v_{c1} = 0$ .
- 3.2.5.** Exprimer la largeur du cycle  $|\Delta v_3|$ .

### 3.3 BLOC N°3 :

- 3.3.1.** Quel est le rôle de  $D$  ? (on supposera que la tension de seuil de  $D$  est nulle lorsque celle-ci conduit). Envisager qualitativement les cas où  $v_4 > 0$  et  $v_4 < 0$ .
- 3.3.2.** Tracer  $v_5 = f(v_3)$ .

#### 4. Commande du dispositif de chauffage.

Il est réalisé à l'aide d'un montage à transistor.



Le transistor fonctionne en commutation.

Si  $v_5 > 0$  V,  $i_b$  est grand, le transistor est saturé,  $i_c \neq 0$  et  $V_{ce\text{ sat}} = 0,5$ V.

Si  $v_5 = 0$  V,  $i_b = 0$ , le transistor est bloqué et  $i_c = 0$ .

La résistance  $R_c = 5\Omega$  est la résistance de chauffage du four.

- 4.1. Lorsque  $v_5 > 0$  V, exprimer le courant  $i_c$ .
- 4.2. Calculer  $i_c$  ainsi que la puissance fournie au four.
- 4.3. Quel est l'énergie fournie au four si le chauffage a lieu pendant une minute ?