Les calculatrices sont autorisées conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.
La clarté du raisonnement et la qualité de la rédaction interviennent dans l'appréciation des copies.

## THERMODYNAMIQUE ( 8 POINTS )

On souhaite étudier l'évolution de la température de l'eau d'un ballon d'eau chaude, de volume V = 300 L, pendant les heures creuses de l'après-midi de 14 h à 17 h.

Avant 14 h, une famille utilise en moyenne V' = 200 L d'eau chaude issue du ballon. L'eau utilisée est alors remplacée par de l'eau froide à la température $\theta_e$.

On suppose le ballon parfaitement calorifugé et l'eau chauffée par une résistance dont la température $\theta_r$ est uniforme.

On donne :

* Coefficient d'échange convectif : $h = 3\ kW\ .\ m^{-2}\ .\ K^{-1}$
* Surface de l'échange convectif : $S = 2000\ cm^2$
* Capacité thermique massique de l'eau : $c = 4180\ J\ .\ kg^{-1}\ .\ K^{-1}$
* $\theta_e = 10$ °C : température de l'eau froide
* $\theta_r = 70$ °C : température de l'eau chaude
* masse volumique de l'eau $1000\ kg/m^3$

1-

a) On suppose qu'à 14 h la température de l'eau est uniforme. Montrer qu'elle vaut $\theta_m = 30$ °C.
b) En déduire l'énergie nécessaire pour amener l'eau du ballon à la température $\theta_r$.
c) Calculer la puissance minimale $P_{mini}$ du chauffage pour que l'eau soit chaude à 17 h.

2-

a) L'échange de chaleur entre la résistance et l'eau se fait uniquement par convection entre l'eau et la résistance de température $\theta_r$. La quantité de chaleur $\delta Q_1$ fournie par le chauffage pendant une durée dt est liée à la température $\theta$ de l'eau par la relation : $\delta Q_1 = h\ S(\theta_r - \theta)dt$. Vérifier que cette relation respecte l'équation aux dimensions.
b) Donner l'expression littérale de la quantité de chaleur $\delta Q_2$ nécessaire pour faire passer une masse d'eau m de $\theta$ à $\theta + d\theta$.

3-

a) En faisant un bilan d'énergie, montrer que l'équation régissant l'évolution de la température dans le ballon s'écrit :

$$\tau \frac{d\theta}{dt} + \theta = \theta_r \qquad \text{avec } \tau = \frac{mc}{hS}$$

b) Montrer que l'unité de $\tau$ est la seconde et calculer sa valeur.

c) Vérifier que $\theta(t) = (\theta_m - \theta_r)\ e^{\frac{-t}{\tau}} + \theta_r$ est solution de l'équation différentielle où $\theta_m$ est la température de l'eau à 14 h. Donner l'allure de $\theta(t)$.

4-

a) Calculer la température de l'eau après 2 h 30 de chauffage . Que peut-on en conclure ?
b) En déduire la puissance moyenne du chauffage.

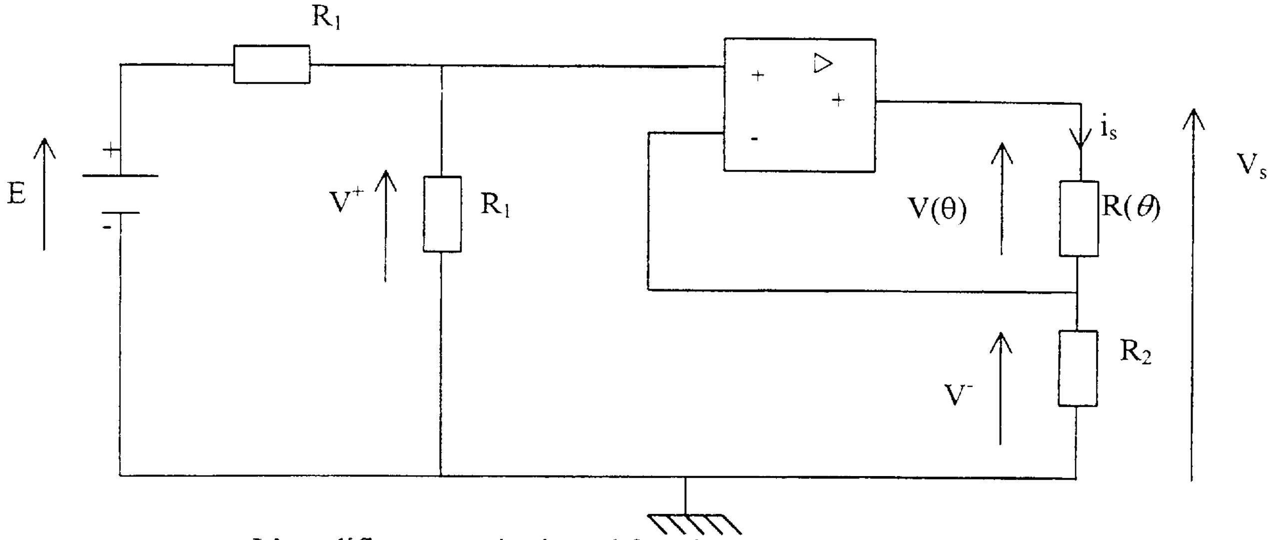
## ELECTRICITE ( 7 POINTS)

Dans le chauffe eau précédent on peut régler la température à laquelle on chauffe l'eau entre 40 °C et 70 °C. On utilise pour capter la température de l'eau une résistance au platine, alimentée par un générateur de courant. A 0 °C, la résistance vaut $R_o$ = 1 kΩ ; la résistance à la température θ est donnée par la relation :

$R(\theta) = R_o\,(1 + \alpha\theta)$ avec $\alpha = 3{,}9 \,.\, 10^{-3}\ °C^{-1}$

Dans tout le problème on considère les amplificateurs opérationnels parfaits avec $V_{Sat} = \pm 15$ V

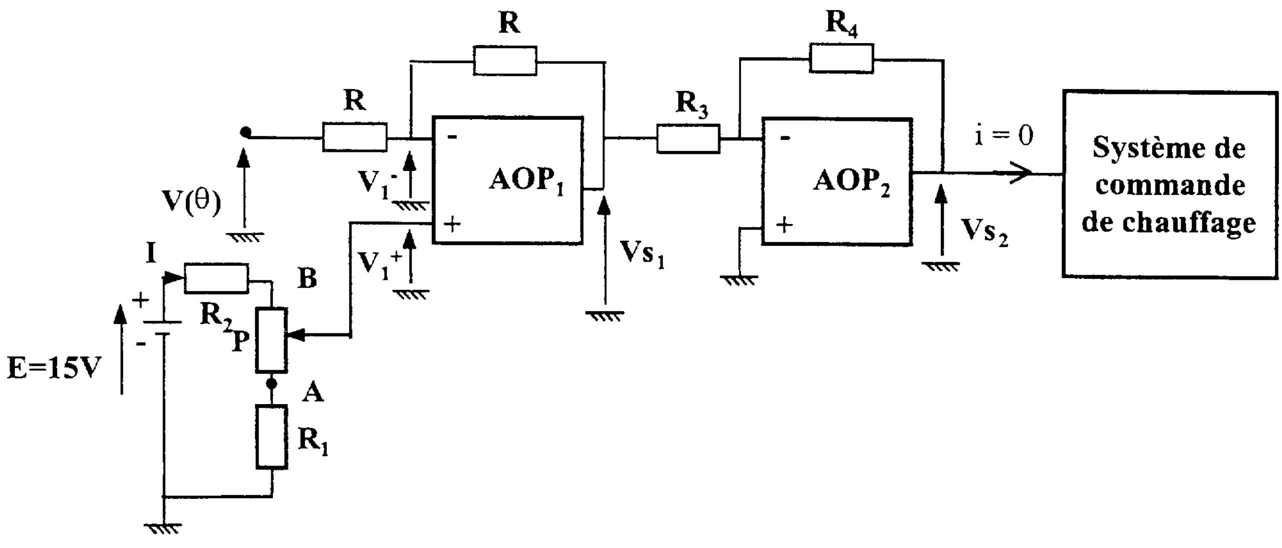
1- Etude du générateur de courant




L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire

a) Montrer que $i_s = E/2R_2$ et calculer sa valeur si E = 15 V et $R_2$ = 1 kΩ
b) Exprimer $V(\theta)$, tension aux bornes de $R(\theta)$, en fonction de $\theta$
c) Calculer : $V_1 = V(10\ °C)$
$V_2 = V(40\ °C)$
$V_3 = V(70\ °C)$

2- Pour traiter l'information $V(\theta)$ on réalise le montage suivant :



Les amplificateurs opérationnels 1 et 2 fonctionnent en régime linéaire

P : potentiomètre de 1 kΩ

$R_1 = 9{,}84\ k\Omega$

$R_2 = 23{,}2\ k\Omega$

a) Le curseur est en A, exprimer $V_1^+$ en fonction de E, $R_1$, $R_2$, P et vérifier que $V_1^+ = \frac{V_2}{2}$ ($V_2$ ayant la valeur calculée au 1- c)

b) Le curseur est en B, exprimer $V_1^+$ en fonction de E, $R_1$, $R_2$, P et vérifier que $V_1^+ = \frac{V_3}{2}$ ($V_3$ ayant la valeur calculée au 1- c)

c) Montrer que $V_{s1}$ s'exprime sous la forme : $V_{s1} = 2V_1^+ - V(\theta)$

d) Montrer que $V_{s2} = - K.V_{s1}$ , exprimer K en fonction de $R_3$ et $R_4$

e) Supposons le curseur en B

Exprimer $V_{s2}$ en fonction de $V(\theta)$,$V_3$ et K.

f) Que risque-t-il de se passer si l'on diminue trop la résistance $R_3$ ?

## CHIMIE (5 POINTS)

L'eau oxygénée, de formule $H_2O_2$, est surtout connue pour ses propriétés antiseptiques. Cependant, elle est employée dans d'autres domaines tels que l'industrie textile, papetière, etc....

Elle se décompose très lentement en eau et en dioxygène et cette réaction de dismutation peut être accélérée par une solution de chlorure de fer III.

1-

a) Donner le nombre de protons, de neutrons, de nucléons et d'électrons d'un atome d'oxygène O.

b) Donner les formules des molécules de dioxygène et d'eau et les représenter.

2- Écrire l'équation-bilan de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée en eau et dioxygène.

3- On dispose d'une solution d'eau oxygénée de volume 100 mL et de concentration $6.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$.

A l'instant initial t = 0, on ajoute 20 mL d'une solution de chlorure de fer III. On dose ensuite régulièrement la quantité d'eau oxygénée restante et on obtient les résultats suivants :

| t en minutes | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|
| quantité de $H_2O_2$ restant en moles | $4{,}6.10^{-4}$ | $3{,}7.10^{-4}$ | $2{,}9.10^{-4}$ | $2{,}3.10^{-4}$ |

a) Calculer la masse de $H_2O_2$ à l'instant initial.

b) Calculer la quantité de matière de dioxygène formé à t = 10 minutes, puis à t = 15 minutes.

c) Calculer la vitesse moyenne de formation du dioxygène (en mol.L$^{-1}$.s$^{-1}$) entre les dates t = 10 minutes et t = 15 minutes.

d) Comment appelle-t-on le rôle joué par la solution de chlorure de fer III ?

*Données :*

| | | |
|---|---|---|
| Numéros atomiques | : H : 1,0 | O : 8 |
| Nombre de masse | : | O : 16,0 |
| Masses molaires atomiques (en g.mol$^{-1}$) : | H : 1,0 | O : 16,0 |