

**Devoir Maison n° 3****Electrocinétique**

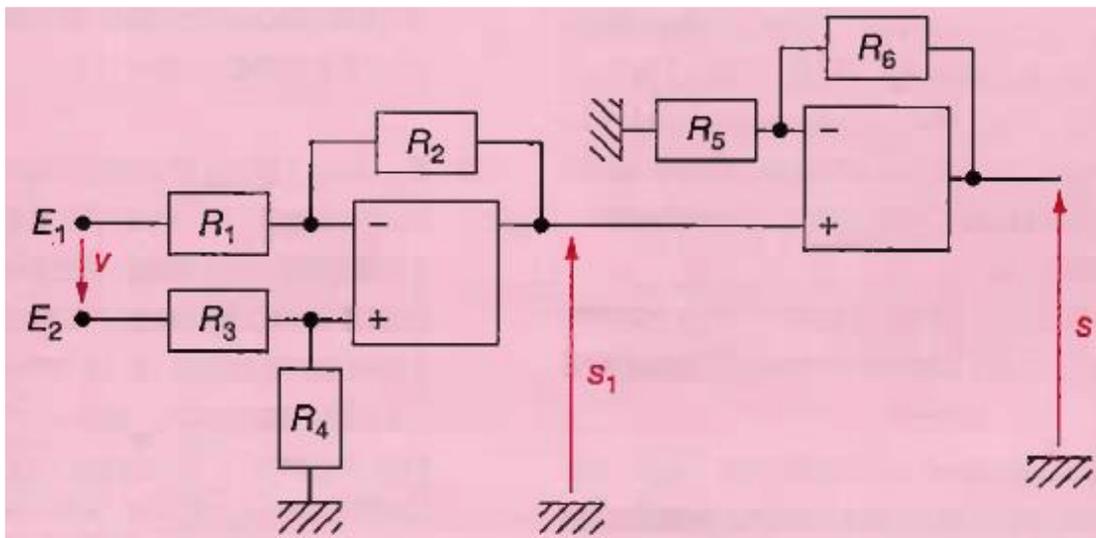
*A rendre pour le jeudi 15 janvier*

**Exercice n°1 : Sonde thermométrique**

Un thermocouple est constitué de deux fils métalliques de natures différentes  $E_1$  et  $E_2$ . On maintient une des deux électrodes à une température fixe,  $0^\circ\text{C}$  par exemple, et en chauffant l'autre électrode à la température  $T$ , une tension  $v$  apparaît entre les deux électrodes. Cette tension est une fonction affine de la température  $T$ .

$V_1$  et  $V_2$  sont les potentiels respectifs de  $E_1$  et  $E_2$ .

Une chaîne de mesure est alors utilisée pour générer un signal proportionnel à  $v$ .



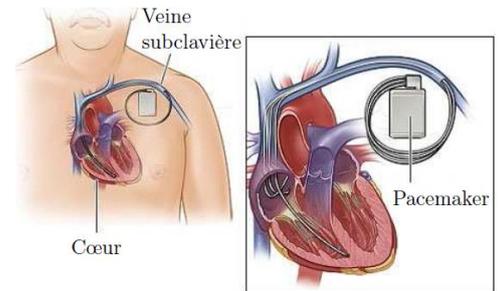
Le dispositif utilise deux circuits intégrés appelés amplificateurs opérationnels, dont on admettra les propriétés suivantes, correspondant à un fonctionnement linéaire idéal :

- les potentiels des entrées - et + sont identiques :  $V_+ = V_-$
- les intensités des courants entrant par ces entrées sont nulles
- un courant d'intensité  $I_s$  est délivré par le circuit en sortie, sa valeur s'ajuste de manière à assurer l'égalité  $V_+ = V_-$

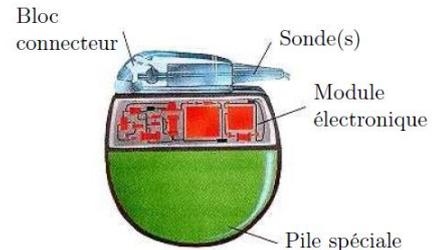
- 1) Exprimer le potentiel  $V_+$  du premier amplificateur en fonction de  $V_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$ .
- 2) En utilisant un pont diviseur de tension, exprimer la tension de sortie  $s_1$  du premier amplificateur en fonction de  $V_1$ ,  $V_2$  et des résistances. Retrouver ce résultat avec la loi des nœuds en terme de potentiels ou le théorème de Millman.
- 3) Quelle relation doivent vérifier les résistances  $R_1$  à  $R_4$  pour que  $s_1$  soit proportionnel à  $v$  ? On choisit  $R_1 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ , calculer  $R_2$  et  $R_4$  si l'on désire, en sortie du premier circuit intégré, observer une tension  $s_1 = 100 \text{ mV}$ .
- 4) La gamme de valeurs de  $v$  mesurables est  $[0, 5 \text{ mV}]$ , on désire générer une tension de sortie  $s$  de valeur maximale égale à  $5 \text{ V}$ .  
Exprimer  $s$  en fonction de  $s_1$  et en déduire le rapport  $R_6/R_5$  requis.

**Exercice n°2 : Etude d'un pacemaker**

Notre cœur se contracte plus de 100 000 fois par jour. Il bat entre 60 et 80 fois par minute, grâce à un stimulateur naturel : le nœud sinusal. Lorsque celui-ci ne remplit plus correctement son rôle, la chirurgie permet aujourd'hui d'implanter dans la cage thoracique un stimulateur cardiaque artificiel (pacemaker) relié au cœur humain par des électrodes, appelées sondes, qui conduisent le courant.



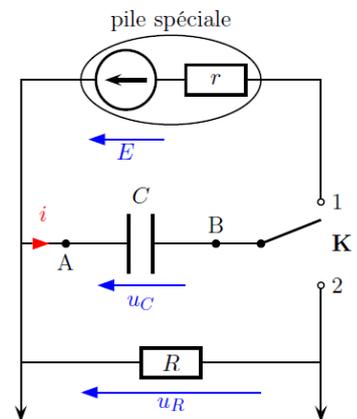
Le pacemaker est en fait un générateur d'impulsions, actionné grâce à une pile longue durée (généralement au lithium), qui va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant des petites impulsions électriques par l'intermédiaire de ces sondes.



Il peut être modélisé par le circuit électrique en dérivation, ci-dessous, qui comprend un condensateur de capacité  $C = 470 \text{ nF}$ , un conducteur ohmique de résistance très élevée  $R$ , une pile spéciale (modélisée par l'association en série d'une résistance  $r$  très faible voire négligeable et d'un générateur de tension idéal de force électromotrice  $E = 5.6 \text{ V}$ ) et un transistor qui joue le rôle d'interrupteur  $K$  (Phase 1 :  $K$  est en position (1) ; Phase 2 :  $K$  est en position (2))

**Principe du circuit**

- 1) Que se passe-t-il durant la phase 1 ? Donner les valeurs de  $u_c$  et de  $i$  en régime permanent. La résistance de la pile spéciale est négligeable, qu'en déduisez-vous ?
- 2) Que se passe-t-il lorsque l'interrupteur bascule ensuite en position (2) ? Donner les valeurs de  $u_c$  et de  $i$  en régime permanent.
- 3) Pour obtenir l'enregistrement de l'évolution temporelle de la tension  $u_c$ , on utilise un ordinateur muni d'une interface d'acquisition de données et d'un logiciel de saisie. Reproduire le schéma du circuit et indiquer les branchements.
- 4) Le condensateur étant initialement déchargé, l'interrupteur passe successivement en position (1) puis en position (2). Tracer l'allure de  $u_c(t)$ .
- 5) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_c(t)$  lorsque l'interrupteur est en position (2). Donner l'expression littérale de la constante de temps  $\tau$  du circuit. Justifier que cette grandeur est homogène à un temps.
- 6) Résoudre l'équation différentielle. (on prendra  $t = 0$  le moment où l'interrupteur bascule en position 2)

**Génération des battements**

Lorsque  $u_c$  atteint la valeur limite :  $u_{\text{lim}} = E/e$  ( $e$  tel que  $\ln(e) = 1$ ), le circuit de déclenchement envoie une impulsion électrique vers les sondes qui la transmettent au cœur : on obtient alors un battement ! L'interrupteur bascule alors à nouveau en position (1) puis (2) et etc...

- 7) Exprimer la durée au bout de laquelle le circuit de déclenchement génère une impulsion électrique (du moment où l'interrupteur a basculé en position (2)).
- 8) Tracer l'allure de  $u_c(t)$  pour 3 cycles consécutifs.
- 9) On souhaite obtenir 65 battements de cœur par minute, déterminer la valeur de  $R$  nécessaire.
- 10) Exprimer puis calculer l'énergie délivrée par le condensateur durant la phase (2) ? Cela dépend-il de la valeur de la résistance ?