Physique Générale A

Série d'exercices 12: Electrocinetique corrigé - corrigé - 3 Février 2026

1.) **QCM K', Courant nul**

Le circuit consiste en une seule maille. Pour que le courant dans le circuit soit nul, il faut que la somme algébrique des sources de tension sur la maille donne zéro (ou que le circuit soit ouvert ce qui n'est pas le cas ici).

A. Vrai. La somme des sources de tension est nulle car, en prenant une maille qui tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, on a pour les sources de tension en partant de la gauche : $+9V + (-9V) = 0$ (une source de tension est comptée positivement lorsque l'on se déplace du moins vers le plus).

B. Faux. La somme des tensions est non nulle :

$$\sum \text{sources} = +9\text{V} + (+9\text{V}) = 18 \text{ V} \tag{1}$$

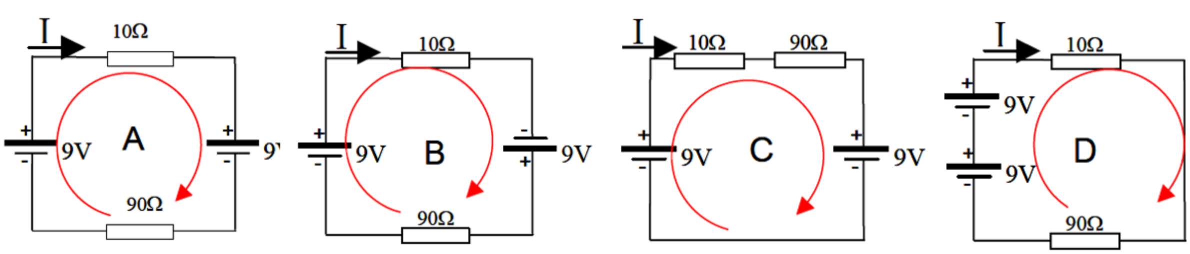
Le courant circulant au travers de la résistance de 10 Ω est le même que celui traversant la résistance de 90 Ω

$$\sum \text{chutes de tension} = 10\Omega \cdot I + 90\Omega \cdot I = 100 \cdot I \tag{2}$$

$$\Rightarrow 100 \cdot I = 18 \Rightarrow I = 0.18 \text{ A} \neq 0 \tag{3}$$

C. Vrai. La configuration des résistances n'a pas d'importance et on se retrouve dans le cas A avec la somme des tensions fournies par les sources est égale à 0.

D. Faux. Le courant circulant au travers de la résistance de 10 Ω est le même que celui traversant la résistance de 90 Ω, donc on a une différence de potentiel égale à 9V+9V=18 V.



2.) **QCM A, Diviseur de tension :**

Dans un circuit en série, le courant est le même dans toutes les résistances. La résistance équivalente vaut :

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2$$

Le courant dans le circuit est donc :

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

La différence de potentiel aux bornes de R_2 est :

$$V_{R_2} = I \cdot R_2 = \frac{V\,R_2}{R_1 + R_2}$$

A. **Faux.** La tension V_{R_2} dépend explicitement de la valeur de R_2.

B. **Faux.** Dans un circuit en série, le courant est le même dans toutes les résistances :

$$I_{R_1} = I_{R_2}$$

C. **Faux.** Si $R_1 = 2R_2$, alors :

$$V_{R_2} = \frac{V\,R_2}{2R_2 + R_2} = \frac{V}{3}$$

et non $\frac{2}{3}V$.

D. **Vrai.** Si $R_2 = 10\,\Omega$ et $R_1 = 10\,\Omega$, alors :

$$V_{R_2} = \frac{5 \cdot 10}{10 + 10} = \frac{50}{20} = 2.5\,\mathrm{V}$$

E. **Faux.** La proposition correcte est la **d**.

3.) **QCM A, Résistance équivalente**

B Vrai : La résistance R_{34}, équivalente au résistances R_3 et R_4 branchées en parallèle vaut :

$$\frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \tag{4}$$

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \tag{5}$$

La résistance R_{234}, équivalente à la branche du circuit contenant les résistances R_2, R_3 et R_4 vaut :

$$R_{234} = R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \tag{6}$$

Ensuite, on calcule la résistance R_{1234}, équivalente aux résistances R_1 et R_{234} branchées en parallèle :

$$\frac{1}{R_{1234}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}} \tag{7}$$

$$R_{1234} = \frac{R_1 \left(R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \right)}{R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}} \tag{8}$$

La valeur de la résistance équivalente R_{eq} de tout le circuit vaut :

$$R_{eq} = \frac{R_1 \left(R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \right)}{R_1 + R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}} + R_5 = 39.63\ \Omega \tag{9}$$

4.) **QCM K', Suivre le courant**

A. Vrai. La tension aux bornes de R_1 est celle fournie par le générateur et vaut 4 V. Avec la loi d'Ohm on a : $I_1 = 4\ V/R_1 = 4/2 = 2$ A.

B. Vrai. La chute de tension aux bornes de R_2 et R_3 vaut aussi 4 V. La résistance équivalente de R_2 et R_3 est $3 + 1 = 4\ \Omega$. Le courant circulant dans R_2 et R_3 vaut $I_2 = I_3 = 4/4 = 1$ A.

C. Vrai. Le courant I fourni par la source de tension de 4 V vaut $I = I_1 + I_2 = I_1 + I_3 = 2 + 1 = 3$ A (loi des noeuds).

D. Faux. La puissance fournie par la source de tension est $P = V_{générateur} \cdot I = 4 \cdot 3 = 12$ W.

5.) **QCM A, Capacité et interrupteur**

A. Faux. Cette courbe montre la charge d'un condensateur : tension initiale nulle.

B. Faux. Cette courbe montre la charge d'un condensateur : tension initiale nulle.

C. Faux. Cette courbe montre la charge d'un condensateur : tension initiale nulle.

D. Vrai. Cette courbe montre la décharge d'un condensateur. Il faut vérifier que le temps caractéristique RC est correct. $RC = 10^{-3}$ s = 1 ms. La valeur de la tension au temps $t = RC$ vaut par définition $V(t = RC) = 10\text{ V} \cdot \mathrm{e}^{\frac{t}{RC}} = 10\text{V} \cdot \mathrm{e}^{-1} = 10\text{V} \cdot 0.37 = 3.7$ V.

E. Faux. La constante de temps est donnée sur le graphique à 0.5 ms. De plus, pour RC on donne une tension de 6.3 V ce qui est impossible car on devrait avoir 37% de la valeur initiale.

6.) **QCM K', Pacemaker:**

A. Vrai. En effet:

$$\tau_1 = rC \to r = \frac{\tau_1}{C} \tag{10}$$

et:

$$\begin{aligned} r &= \frac{50\,\mu\text{s}}{100\,\mu\text{F}} && (11)\\ &= \frac{5 \times 10^{-5}\text{s}}{10^{-4}\text{F}} && (12)\\ &= 0.5\,\Omega && (13) \end{aligned}$$

B. Vrai. Tout au debut le condensateur est complètement dechargé et la difference de potentiel à ses bornes s'accroît exponéntiellement en fonction du temps:

$$V_c(t) = V_p(1 - e^{-\frac{t}{rC}}) \tag{14}$$

Pour declencher l'interrupteur il faut atteindre un voltage de 0.95×3.3 V =3.14 V. Le temps nécessaire pour cela on le calcule à partir de l'équation ci dessus:

$$\frac{V_c(t)}{V_p} = 1 - e^{-\frac{t}{rC}} \tag{15}$$

Au temps t_c on a que $\frac{V_c(t)}{V_p} = 0.95$. Alors:

$$\begin{aligned} 0.95 &= 1 - e^{-\frac{t_c}{rC}} && (16)\\ 0.95 - 1 &= -e^{-\frac{t_c}{rC}} && (17)\\ -0.05 &= -e^{-\frac{t_c}{rC}} && (18)\\ 0.05 &= e^{-\frac{t_c}{rC}} && (19) \end{aligned}$$

On prend le logaritme de chaque coté de l'équation:

$$\begin{aligned} -\frac{t_c}{rC} &= \log(0.05) && (20)\\ t_c &= -\log(0.05)rC && (21)\\ t_c = -\log(0.05) \times 0.5\,\Omega &\times 10^{-4}\text{F} && (22)\\ &= 1.5 \times 10^{-4}\,\text{s} && (23) \end{aligned}$$

C. Faux. Ces valeurs de résistance portent à des temps beaucoup trop rapides pour le coeur humain. Avec R = 100 Ω le temps de décharge du circuit (et donc la periode des impulsions envoyées au coeur) sera:

$$\tau_2 = RC = 100\,\Omega \times 100\,\mu\text{F} = 10^4 \times 10^{-6}\text{s} = 0.01\,\text{s} \tag{24}$$

Si cela était le cas, le pacemaker forcerait le coeur à battre 100 fois par seconde!

D. Vrai. Négligeant le temps de chargement du condensateur sur la petite resistence r, le temps de décharge du condensateur en ce cas résulte:

$$\tau_2 = RC = 10^4\,\Omega \times 100\,\mu\mathrm{F} = 10^6 \times 10^{-6}\mathrm{s} = 1\,\mathrm{s} \tag{25}$$

cela corréspond à un rythme cardiaque de 60 battements par minute.

7.) **QCM K', Nerf non Myélinisé**

A. Vrai. La résistance de l'axone R_a se calcule à partir de la résistivité de l'axoplasme ρ_a de sa longueur et sa surface

$$R_a = \rho_a \frac{L}{\pi r^2} = 2\Omega \cdot m \frac{10^{-3}}{\pi(0.5 \cdot 10^{-3} m)^2} = 2546\ \Omega. \tag{26}$$

B. Vrai. La capacité qui entoure le nerf non myélinisé est celle qui provient de la membrane entourant le nerf :

$$C_{\text{membrane}} = C_s(2\pi r L) = (10^{-2}\ \mathrm{F{\cdot}m^{-2}})(2\pi)(0.5 \cdot 10^{-3}\mathrm{m})(10^{-3}\mathrm{m}) = 3.14 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{F}. \tag{27}$$

avec $2\pi r L$ la surface de la membrane.

C. Vrai. La constante RC de 1 mm de nerf est

$$RC = 2546\Omega \cdot 3.14 \cdot 10^{-8}\mathrm{F} = 8.10^{-5}\mathrm{s} = 80\ \mu\mathrm{s}. \tag{28}$$

D. Vrai. Le signal est propagé sur la longueur du nerf L pendant le temps $\tau = RC$ donc la vitesse de propagation du signal vaut :

$$v = \frac{L}{\tau} = \frac{L}{RC} = \frac{1 \cdot 10^{-3}\mathrm{m}}{8 \cdot 10^{-5}\mathrm{s}} = 12.5\ \mathrm{m/s}. \tag{29}$$

8.) **QCM A, Axone résistif**

Comme vu dans le cours la resistence de la membrane est donnée par:

$$R_m = \frac{\rho_m e}{2\pi r \Delta l} \tag{30}$$

où ρ_m est la resistivité de la membrane, e son épaisseur et $2\pi r\Delta l$=A est la surface latérale de la membrane (1 m^2) qui est modelisée comme un cylindre. On peut renverser la formule pour isoler ρ_m:

$$\rho_m = \frac{R_m A}{e} = \frac{0.2\,\Omega \times 1\,\mathrm{m}^2}{7.5 \times 10^{-8}} = 2.7 \times 10^6\,\Omega \cdot \mathrm{m} = 2700\,k\Omega \cdot \mathrm{m} \tag{31}$$

9.) **Exercice d'approfondissement, Charge et décharge d'un condensateur**

Le charge on fonction du temps pour la phase de chargement (avec le générateur) est :

$$Q(t) = Q_{max}\left(1 - e^{-\frac{t}{R_R C}}\right), \tag{32}$$

avec $R_R C = \tau_c$ le temps caractéristique de charge.

Lors de la phase de déchargement (avec la lampe), la charge en fonction du temps est donnée par :

$$Q(t) = Q_{init} e^{-\frac{t}{R_L C}}, \tag{33}$$

où Q_{init} est la charge initiale et $R_L C = \tau_d$ le temps caractéristique de décharge.

(a) A $t = t_1$, $Q(t_1) = 0.63 \cdot Q_{max}$:

$$\begin{aligned}
Q(t_1) = Q_{max}\left(1 - e^{-\frac{t_1}{R_R C}}\right) &= 0.63 Q_{max} \\
1 - e^{-\frac{t_1}{R_R C}} &= 0.63 \\
e^{-\frac{t_1}{R_R C}} &= 0.37 \\
\ln\left(e^{-\frac{t_1}{R_R C}}\right) &= \ln(0.37) \\
-\frac{t_1}{R_R C} &= -1 \\
t_1 &= R_R C = \tau_c = 10^{-4} s
\end{aligned} \tag{34}$$

On fait de même pour les autres chargements, et on trouve $t_2 = 2\tau_c$ et $t_3 = 3\tau_c$ pour charger à 87 % et 95 %.

(b) Pour la décharge, on utilise le même raisonnement mais cette fois-ci avec la résistance de l'ampoule (equation 33):

$$Q(t) = Q_{init} e^{-\frac{t}{R_L C}} = 0.9 Q_{init} \Rightarrow t = 0.105\tau_d = 1 \text{ ms} \tag{35}$$

(c) Pour 95 % de charge, il faut attendre $3\tau_c$. La charge (pendant la phase de décharge) à ce moment-là est:

$$Q(t_3) = Q_{init}\ e^{-\frac{3\tau_c}{\tau_d}}. \tag{36}$$

Afin de trouver de combien le condensateur est déchargé, nous prenons le ratio entre la charge au moment où le condensateur est chargé à 95% et la charge initiale : $Q(t_3)/Q_{init} = e^{-0.03} = 0.97$. Le condensateur est donc déchargé de 3 % (il reste 97 % de charge).

10.) **Exercice d'approfondissement, Pont de Wheatstone**
En utilisant la loi des mailles, nous trouvons

$$\text{Maille 1:} \qquad R_1 i_2 = R_x i_1 \tag{37}$$

$$\text{Maille 2:} \qquad R_2(i_1 - i_0) = R_3(i_2 + i_0) \tag{38}$$

Comme $i_0 = 0$, on a:

$$R_1 i_2 = R_x i_1 \tag{39}$$

$$R_2 i_1 = R_3 i_2 \tag{40}$$

En divisant l'équation (39) par (40), on obtient directement

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_1}{R_3}.$$

Application numérique: $R_1 = 6.67\ \Omega$