

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · ONDES ET SIGNAUX · CHAPITRE 22

Contrôle B Dynamique du circuit RC

Stimulateur cardiaque et accéléromètre capacitif

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 3 exercices indépendants · barème sur 20



R. RINGUET · 2026 – 2027

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Toute réponse doit être justifiée. Les résultats numériques sont donnés avec un nombre adapté de chiffres significatifs et leur unité. Une expression littérale est attendue avant chaque application numérique.

Exercice 1 QCM

5 pts ●○○○

Pour chaque question, une seule réponse est exacte. Recopier sur la copie le numéro de la question et la lettre de la réponse choisie, en justifiant brièvement (1 point par question).

- 1.1** Le produit RC d'une résistance par une capacité s'exprime en :
 a) $V \cdot A^{-1}$ b) secondes c) s^{-1} d) $C \cdot V^{-1}$
- 1.2** Lors de la charge d'un condensateur initialement déchargé sous la tension E , à la date $t = \tau$, la tension u_C vaut :
 a) $0,37 E$ b) $0,50 E$ c) $0,63 E$ d) $0,99 E$
- 1.3** On double la surface des armatures d'un condensateur plan et on divise leur écartement par deux. Sa capacité est :
 a) divisée par 4 b) inchangée c) multipliée par 2 d) multipliée par 4
- 1.4** Un condensateur déchargé est relié, à $t = 0$, à une source idéale de tension $E = 6,0 V$ à travers une résistance $R = 2,0 k\Omega$. Juste après $t = 0$, l'intensité vaut :
 a) 0 b) $3,0 mA$ c) $12 mA$ d) $3,0 A$
- 1.5** Un condensateur de capacité $470 \mu F$ porte une charge $q = 2,35 mC$. La tension à ses bornes vaut :
 a) $0,20 V$ b) $1,1 V$ c) $5,0 V$ d) $11 V$

Exercice 2 Le stimulateur cardiaque

8 pts ●●○○

Un stimulateur cardiaque (*pacemaker*) envoie au cœur de brèves impulsions électriques. Son circuit de sortie est modélisé figure 1 : en position 1, le condensateur de capacité $C = 10 \mu F$ se charge sous $E = 5,0 V$ à travers la résistance R_1 ; en position 2, il se décharge dans le muscle cardiaque, modélisé par un conducteur ohmique de résistance R . Pour mesurer R sur un banc de test, on laisse la décharge se dérouler complètement (figure 2) ; la date $t = 0$ correspond au basculement en position 2, le condensateur étant alors chargé sous $U_0 = E$.

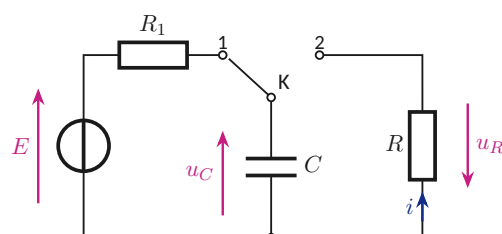


Figure 1 — Circuit de sortie (K en position 1)

Données. Énergie stockée par un condensateur : $\mathcal{E} = \frac{1}{2} C u_C^2$ • fréquence cardiaque imposée : 70 battements par minute.

2.1 K est en position 2. Les flèches de la figure 1 respectent la convention récepteur pour chaque dipôle. Montrer que $u_R = -u_C$, puis établir l'équation différentielle $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$.

2.2 Vérifier que $u_C(t) = U_0 e^{-t/\tau}$ est solution de cette équation et respecte la condition initiale, à condition de poser $\tau = RC$.

2.3 Déterminer graphiquement τ par deux méthodes différentes, puis en déduire R .

2.4 Calculer l'intensité i juste après le basculement. Que signifie son signe ?

2.5 En fonctionnement réel, l'impulsion ne dure que $\Delta t = 0,50 \text{ ms}$: K revient ensuite en position 1. Calculer u_C à la fin de l'impulsion. Justifier que la tension appliquée au cœur est quasiment constante pendant l'impulsion.

2.6 Calculer l'énergie cédée par le condensateur pendant une impulsion.

2.7 Le condensateur doit être entièrement rechargé avant l'impulsion suivante. Déterminer la valeur maximale de R_1 .

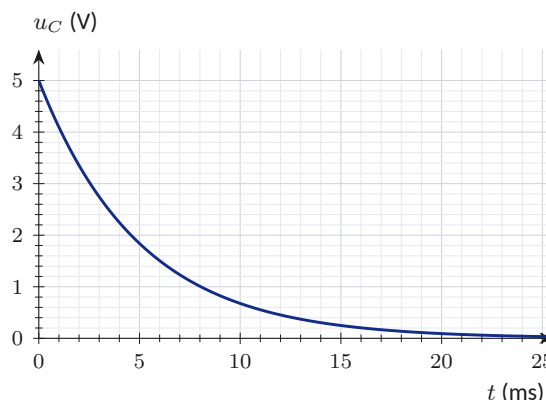


Figure 2 — Décharge complète sur le banc de test

Exercice 3 L'accéléromètre d'un smartphone

7 pts ●●●

L'accéléromètre d'un smartphone contient une électrode mobile, de masse $m = 2,0 \times 10^{-9} \text{ kg}$, suspendue par un ressort de raideur $k = 2,0 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ entre deux électrodes fixes (figure 3). Chaque électrode a une surface $S = 4,0 \times 10^{-7} \text{ m}^2$; au repos, l'électrode mobile est à la distance $e = 2,0 \mu\text{m}$ de chaque électrode fixe. L'ensemble forme deux condensateurs plans de capacités C_1 (en haut) et C_2 (en bas), séparés par de l'air. Lorsque le téléphone subit une accélération verticale de norme a , l'électrode mobile se déplace, vers le haut ou vers le bas, d'une distance $x = \frac{ma}{k}$ (on l'admet).

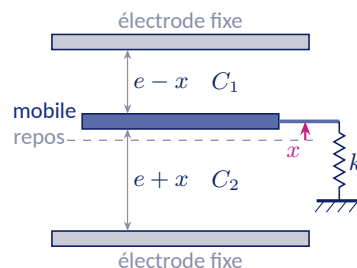


Figure 3 — Structure, électrode mobile déplacée vers le haut (échelle non respectée)

Données. $\varepsilon_{\text{air}} \approx \varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ • $C = \frac{\varepsilon S}{e}$ • si l'électrode monte de $x \ll e$, on admet que $C_1 - C_2 \approx \frac{2C_0 x}{e}$, où C_0 est la capacité de chaque condensateur au repos • $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

3.1 Calculer C_0 . Exprimer C_1 et C_2 en fonction de ε_0 , S , e et x ; indiquer, sans calcul, comment chacune varie lorsque l'électrode mobile monte.

3.2 Le téléphone est posé à plat : sous l'effet de son poids, l'électrode mobile descend comme si elle subissait une accélération de norme g . Calculer la distance x correspondante et la comparer à e .

3.3 En déduire la valeur absolue de la différence $C_1 - C_2$ en femtofarads ($1 \text{ fF} = 10^{-15} \text{ F}$).

3.4 L'électronique ne détecte pas une différence de capacité inférieure à $1,0 \text{ fF}$. Déterminer la plus petite accélération mesurable. Ce capteur permet-il de détecter l'inclinaison du téléphone ? un pas de marche, qui produit une accélération d'environ $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$?

3.5 Donner deux avantages de la mesure de la différence $C_1 - C_2$ plutôt que d'une seule des deux capacités.