

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

**Sujet type bac** Dynamique du circuit RC

Deux exercices indépendants : le défibrillateur automatisé externe, l'écran tactile capacitif

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 2 exercices indépendants · barème sur 20



R. RINGUET · 2026 – 2027

Nom : ..... Prénom : ..... Classe : ..... Note : / 20

## ★ CONSIGNES

Les deux exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre choisi par le candidat. La qualité de la rédaction, la rigueur scientifique et le respect des unités et des chiffres significatifs entrent pour une part importante dans l'appréciation des copies. Toute expression littérale est établie avant l'application numérique ; toute démarche, même partielle, est valorisée.

**Exercice 1** Le défibrillateur automatisé externe

13 pts ●●●

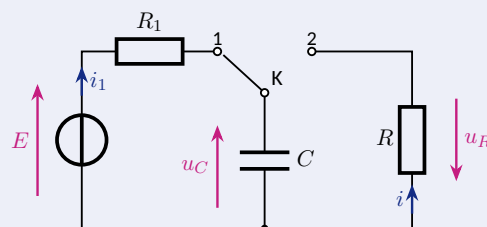
Lors d'un arrêt cardiaque, le cœur peut entrer en fibrillation : ses fibres musculaires se contractent de façon désordonnée et il ne pompe plus le sang. Un choc électrique bref et intense, délivré par un défibrillateur, permet de resynchroniser le cœur. Cet exercice étudie le fonctionnement simplifié d'un défibrillateur automatisé externe (DAE), installé dans les lieux publics.

■ DONNÉES Énergie stockée par un condensateur :  $\mathcal{E} = \frac{1}{2} C u_C^2$ 

## ■ DOCUMENT 1 — Principe de fonctionnement

Le cœur du DAE est un condensateur de capacité  $C = 200 \mu\text{F}$ . Lorsque l'appareil décide qu'un choc est nécessaire, un circuit électronique alimenté par la batterie charge le condensateur sous  $U_0 = 2,0 \text{ kV}$  : ce circuit est modélisé par une source idéale de tension  $E = U_0$  en série avec une résistance  $R_1 = 8,2 \text{ k}\Omega$  (interrupteur K en position 1). Le fabricant annonce une durée de charge inférieure à 10 s.

Au moment du choc (K en position 2), le condensateur se décharge dans le thorax du patient, entre deux électrodes collées sur la peau. Le thorax est modélisé par un conducteur ohmique de résistance  $R$ , appelée impédance thoracique, comprise entre 25 et 180  $\Omega$  selon les patients.



Circuit modélisé (K en position 1). Les flèches de  $u_C$  et de  $u_R$  respectent la convention récepteur ; la source est en convention générateur.

**Partie A — La charge du condensateur**

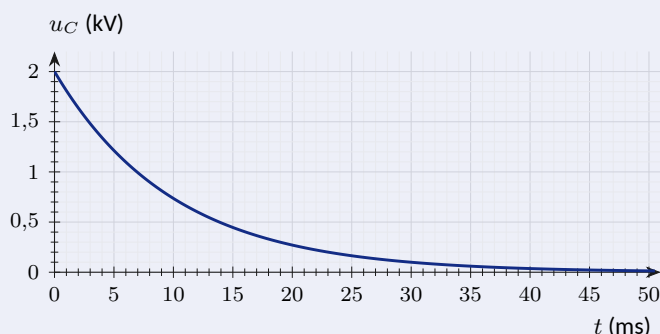
- 1.1 K est en position 1 et le condensateur est initialement déchargé. Établir l'équation différentielle vérifiée par  $u_C$ .
- 1.2 La solution de cette équation est de la forme  $u_C(t) = A + B e^{-t/\tau_1}$ . Déterminer les constantes  $A$ ,  $B$  et  $\tau_1$  en fonction de  $E$ ,  $R_1$  et  $C$ .
- 1.3 Calculer  $\tau_1$ . L'annonce du fabricant concernant la durée de charge est-elle vérifiée ?
- 1.4 Calculer l'énergie stockée dans le condensateur en fin de charge, ainsi que l'intensité maximale du courant de charge  $i_1$ .
- 1.5 Un choc délivre 200 J en une durée de l'ordre de 4 ms. Comparer la puissance moyenne correspondante à la puissance moyenne reçue par le condensateur pendant sa charge complète (durée  $5\tau_1$ ). Expliquer l'intérêt d'utiliser un condensateur.

## Partie B — Le choc électrique

## ■ DOCUMENT 2 — Décharge sur un mannequin de test

Pour contrôler l'appareil, on le fait décharger complètement, sans interrompre l'impulsion, dans un mannequin de test de résistance  $R_{\text{test}} = 50 \Omega$ ; la date  $t = 0$  correspond au basculement de K en position 2, le condensateur étant chargé sous  $U_0$ . Un oscilloscope enregistre la tension  $u_C$  ci-contre.

En utilisation réelle, l'appareil *tronque* l'impulsion : il ramène K en position neutre dès que l'énergie cédée par le condensateur atteint l'énergie programmée, ici 200 J.



- 1.6** K est en position 2. Établir l'équation différentielle vérifiée par  $u_C$  et donner l'expression de sa solution.
- 1.7** Déterminer le temps caractéristique  $\tau$  de la décharge sur le mannequin de test par deux méthodes graphiques. En déduire une valeur de  $R_{\text{test}}$  et la comparer à la valeur annoncée.
- 1.8** Établir l'expression de l'intensité  $i(t)$  et calculer sa valeur juste après le début de la décharge sur le mannequin. Commenter son signe.
- 1.9** Montrer que l'énergie cédée par le condensateur entre les dates 0 et  $t$  vaut  $\mathcal{E}_c(t) = \frac{1}{2} C U_0^2 (1 - e^{-2t/\tau})$ .
- 1.10** En déduire que l'impulsion de 200 J est interrompue lorsque  $u_C = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$ , à la date  $t_f = \frac{\tau}{2} \ln 2$ . Calculer  $t_f$  pour le mannequin de test.
- 1.11** Comment la durée de l'impulsion varie-t-elle avec l'impédance thoracique du patient ? Calculer les durées extrêmes. Pourquoi est-il indispensable que l'appareil adapte cette durée ?

## Partie C — L'appareil mesure l'impédance du patient

Pendant un choc sur un patient, l'appareil relève  $u_C = 2,00 \text{ kV}$  à la date 0 et  $u_C = 1,715 \text{ kV}$  à la date  $\Delta t = 2,00 \text{ ms}$ .

- 1.12** Montrer que  $\tau = \frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{U_0}{u_C(\Delta t)}\right)}$ . Calculer  $\tau$ , puis l'impédance thoracique  $R$  de ce patient.
- 1.13** La capacité est connue avec une incertitude-type relative de 2 % et l'incertitude-type sur  $\tau$  vaut  $u(\tau) = 0,3 \text{ ms}$ . Calculer l'incertitude-type  $u(R)$ , sachant que  $\frac{u(R)}{R} = \sqrt{\left(\frac{u(\tau)}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2}$ .
- 1.14** Avant le choc, l'appareil avait estimé l'impédance thoracique à  $R_{\text{réf}} = 68 \Omega$  par une autre méthode. Calculer l'écart normalisé  $z = \frac{|R - R_{\text{réf}}|}{u(R)}$  et conclure (compatibilité admise si  $z < 2$ ).
- 1.15** Le programme Python ci-dessous simule la décharge dans ce patient par la méthode d'Euler et affiche la durée de l'impulsion. Compléter la ligne 6, puis donner la valeur attendue de l'affichage.

```

1 C, R, U0 = 200e-6, 65.0, 2000.0
2 dt = 1.0e-6 # pas en s
3 t, u = 0.0, U0
4 E_cedee = 0.0
5 while E_cedee < 200:
6     dudt = ... # ligne à compléter
7     u = u + dudt * dt
8     t = t + dt
9     E_cedee = 0.5 * C * (U0**2 - u**2)
10 print("duree de l'impulsion :", round(t * 1000, 2), "ms")

```

## Exercice 2 L'écran tactile capacitif

7 pts ●●○

Sous la vitre d'un smartphone, un réseau d'électrodes transparentes détecte la présence d'un doigt. Lorsque le doigt, conducteur, touche la vitre au-dessus d'une électrode, il forme avec elle un condensateur plan supplémentaire de capacité  $C_d$  dont l'isolant est le verre, d'épaisseur  $e = 0,80 \text{ mm}$  et de permittivité relative  $\varepsilon_r = 7,0$ . La surface  $S$  des armatures est la surface de contact du doigt avec la vitre.

Pour détecter le doigt, le contrôleur de l'écran charge l'électrode sous  $3,3 \text{ V}$  à travers une résistance  $R = 1,0 \text{ M}\Omega$  et mesure le temps caractéristique de la charge. On admet que la capacité totale de l'électrode vaut  $C_0$  sans doigt et  $C_0 + C_d$  avec un doigt.

■ **DONNÉES** Condensateur plan :  $C = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 S}{e} \bullet \varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$

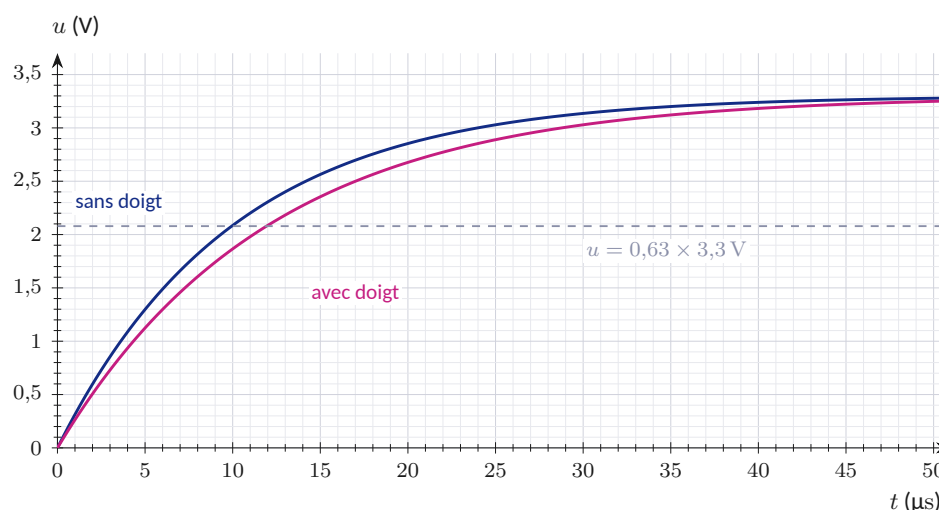


Figure — Tension aux bornes de l'électrode pendant la charge, sans doigt (bleu) et avec un doigt (rose)

- 2.1 À l'aide de la figure, déterminer les temps caractéristiques  $\tau_0$  (sans doigt) et  $\tau_1$  (avec doigt). Justifier la méthode employée.
- 2.2 En déduire  $C_0$  et  $C_d$ .
- 2.3 Montrer qu'une surface de contact  $S = 26 \text{ mm}^2$  est cohérente avec la valeur de  $C_d$  obtenue.
- 2.4 Le contrôleur signale un appui si le temps caractéristique augmente d'au moins  $0,50 \mu\text{s}$ . Déterminer la surface de contact minimale détectable. Expliquer pourquoi un stylet à pointe métallique fine, de  $1 \text{ mm}$  de diamètre, est inefficace, alors que les stylets pour écran tactile ont une pointe conductrice souple d'environ  $6 \text{ mm}$  de diamètre.
- 2.5 On colle sur l'écran un film protecteur en verre de même permittivité, d'épaisseur  $0,40 \text{ mm}$ . Quel est l'effet de ce film sur  $C_d$ ? L'appui d'un doigt ( $S = 26 \text{ mm}^2$ ) est-il encore détecté ?
- 2.6 En pratique, le contrôleur ne calcule pas  $\tau$  : il mesure la durée  $t_s$  nécessaire pour que  $u$  atteigne une tension de seuil fixe  $U_s$ . Montrer que  $t_s$  est proportionnelle à la capacité totale de l'électrode, puis calculer l'allongement de  $t_s$  provoqué par le doigt pour  $U_s = 2,5 \text{ V}$ .