Dynamique d'un système électrique : condensateur et circuit RC

Fiche méthode

(Physique-chimie Tle spécialité · Ondes et signaux · Étudier la dynamique d'un système électrique)

La démarche pour un exercice de condensateur ou de circuit RC

1. Je convertis en unités SI : pF, nF, µF en F ; kΩ, MΩ en Ω ; ms, µs en s ; cm², mm² en m².

2. J'identifie la phase : charge (source présente, valeur finale E) ou décharge (pas de source, valeur initiale U_0), et la condition initiale.

3. J'écris la loi des mailles avec $u_R = R\,i$ et $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$, puis la solution qui respecte la continuité de u_C.

4. Je calcule $\tau = RC$, puis une tension ($\mathrm{e}^{-t/\tau}$) ou une date (logarithme), en gardant les valeurs non arrondies.

5. Je contrôle : u_C entre 0 et E, 63 % à τ, ordre de grandeur de C vraisemblable, incertitude et z pour conclure.

Le réflexe — la tension aux bornes du condensateur est continue : elle fixe la condition initiale, alors que l'intensité, elle, peut sauter à la fermeture.

Cas 1 · Charge, tension et intensité

Réflexe — $q = C\,u_C$; $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$; courant constant : $C = \dfrac{I\,\Delta t}{\Delta u_C}$.

Exemple. Sous 2,5 mA constants, la tension monte de 4,0 V en 16 s.

$$C = \frac{2{,}5 \times 10^{-3} \times 16}{4{,}0} = \mathbf{1{,}0 \times 10^{-2}\ F},\ \text{soit 10 mF}.$$

Attention — q est la charge d'une armature ; la charge totale est nulle.

Cas 2 · Capacité d'un condensateur plan

Réflexe — $C = \dfrac{\varepsilon_0\,\varepsilon_r\,S}{d}$, tout en SI.

Exemple. $S = 50$ cm², $d = 0{,}10$ mm, $\varepsilon_r = 2{,}0$.

$$C = \frac{8{,}85 \times 10^{-12} \times 2{,}0 \times 5{,}0 \times 10^{-3}}{1{,}0 \times 10^{-4}} \approx \mathbf{8{,}85 \times 10^{-10}\ F}.$$

Attention — 1 cm² = 10^{-4} m² ; C diminue quand d augmente.

Cas 3 · Charge d'un circuit RC

Réflexe — $u_C = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$; $t = \tau \ln\left(\dfrac{E}{E-u}\right)$.

Exemple. $E = 10$ V, $\tau = 2{,}0$ ms : date où $u_C = 8{,}0$ V ?

$$t = 2{,}0 \times \ln\left(\frac{10}{2{,}0}\right) \approx \mathbf{3{,}2\ ms}.$$

Attention — i(0) = E/R est maximale ; u_C(0) = 0.

Cas 4 · Décharge et énergie

Réflexe — $u_C = U_0\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$; $\mathcal{E} = \dfrac{1}{2}\,C\,u^2$.

Exemple. $U_0 = 9{,}0$ V, $\tau = 0{,}50$ s : tension à 1,0 s ?

$u_C = 9{,}0 \times \mathrm{e}^{-2} \approx \mathbf{1{,}2\ V}$; l'énergie restante n'est plus que $\mathrm{e}^{-4} \approx 1{,}8$ %.

Attention — tension divisée par 2 → énergie divisée par 4.

Cas 5 · Mesurer τ et conclure

Réflexe — τ à 63 % (charge) ou 37 % (décharge) ; $C = \dfrac{\tau}{R}$; $z = \dfrac{|C - C_{\text{réf}}|}{u(C)}$.

Exemple. Décharge sous 6,0 V : $u_C = 2{,}22$ V à 3,3 ms, $R = 1{,}5$ kΩ.

$0{,}37 \times 6{,}0 = 2{,}22$ V donc $\tau = 3{,}3$ ms et $C = \dfrac{3{,}3 \times 10^{-3}}{1\,500} = \mathbf{2{,}2 \times 10^{-6}\ F}$.

Attention — type A : diviser par $\sqrt{n}$, pas par n.

Cas 6 · Capteur capacitif

Réflexe — grandeur → S, d ou ε_r → C → durée ; $t_s = RC\ln\left(\dfrac{E}{E - U_s}\right)$.

Exemple. Étalonnage $C = 30 + 2{,}5\,x$ (pF, x en mm) ; on mesure 47,5 pF.

$x = \dfrac{47{,}5 - 30}{2{,}5} = \mathbf{7{,}0\ mm}$.

Attention — l'étalonnage dépend du milieu entre les armatures.

Les pièges

- Oublier une conversion (pF, µF, cm², mm) : C ou τ faux d'un facteur 1 000 ou 100.
- Croire que l'intensité est nulle à la fermeture : c'est u_C qui est nulle, $i(0) = \dfrac{E}{R}$.
- Confondre $E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ (charge) et $U_0\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$ (décharge).
- Lire τ à 50 %, ou à 63 % d'une charge pas terminée, au lieu de 63 % de la valeur finale.
- Oublier le carré de u dans $\dfrac{1}{2}\,C\,u^2$, ou le signe de i pendant la décharge.
- Diviser s_{n-1} par n, ou additionner les incertitudes relatives au lieu de la somme quadratique.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).