E4 | Électrocinétique

Énergie électrique

Prérequis

Étude des circuits électrocinétique d'ordre 1 et des Oscillateurs harmoniques — Chapitre E1, E2 et E3

I Notions générales

I.A Puissance et énergie

À connaitre

Définition de la puissance. Énergie élémentaire. Unité d'une puissance. Unité de l'énergie.

Savoir-faire

Calculer une énergie à partir de la puissance et réciproquement.

I.B Exemples et ordres de grandeurs

Application 1 : Energie et ordre de grandeur

Énoncé Dans les configurations suivantes, déterminer le type d'énergie et l'ordre de grandeur de celle-ci.

1. voiture roulant à $100\,\mathrm{km\,h^{-1}}$;
2. chute d'un homme d'une hauteur de $1\,\mathrm{m}$;
3. vaporisation d'un litre d'eau (donnée chaleur latente de vaporisation : $l_{\text{vap}} = 2{,}3 \times 10^6\,\mathrm{J\,kg^{-1}}$)

Solution

1. $\mathcal{E}_k = \frac{1}{2}mv^2$ A.N. $\mathcal{E}_k = 3{,}3 \times 10^5\,\mathrm{J}$
2. $\mathcal{E}_{\vec{p}} = mg\Delta h$ A.N. $\mathcal{E}_{\vec{p}} = 700\,\mathrm{J}$
3. $Q = m\ell_{\text{vap}}$ A.N. $Q = 2{,}3 \times 10^6\,\mathrm{J}$

Appareil	Puissance typique
Centrale nucléaire	
Radiateur électrique	
Lampe	
Smartphone	

II Énergie électrique

II.A Puissance électrique

À connaitre

Définition de la puissance électrique

Savoir-faire

Calculer une puissance à partir d'un courant et d'une tension connue

II.B Résistor, bobine et condensateur

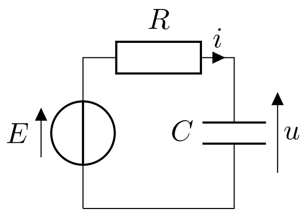
À connaitre

- ☐ Puissance dissipée par effet Joule : $P = Ri^2$
- ☐ Énergie stockée dans un condensateur : $\mathcal{E}_c = \frac{1}{2}Cu^2$
- ☐ Énergie stockée dans une bobine : $\mathcal{E}_L = \frac{1}{2}Li^2$

II.C Bilan de puissance et d'énergie

Application 2 : Charge d'un condensateur : bilan d'énergie

Énoncé Soit le circuit ci-dessous.



Données : à $t > 0$, $u(t) = E\left(1 - \exp\frac{-t}{RC}\right)$ et $i(t) = \frac{E}{R}\exp\frac{-t}{RC}$.

1 Appliquer la loi des mailles pour faire un bilan de puissance. Interpréter les termes.
2 Faire un bilan d'énergie entre l'instant initial et $t \to \infty$. Commenter votre résultat.

Solution
1

$$(E = Ri + u) \times i$$
$$Ei = Ri^2 + ui$$
$$Ei = Ri^2 + u \times C\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$$
$$Ei = Ri^2 + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{1}{2}Cu^2\right)$$

La puissance délivrée à chaque instant est égale à la somme de la puissance cédée par effet joule au travers de la résistance et de la variation d'énergie stockée dans le condensateur.

Remarque : $\dfrac{d\mathcal{E}_c}{dt} = P_c(t)$.

(2) Nous intégrons l'équation précédente entre $t = 0$ et $t \to \infty$:

$$\int_0^\infty Ei\,\mathrm{d}t = \int_0^\infty Ri^2\,\mathrm{d}t + \int_0^\infty \frac{\mathrm{d}}{\cancel{\mathrm{d}t}}\left(\frac{1}{2}Cu^2\right)\cancel{\mathrm{d}t}$$

$$E\int_0^\infty \frac{E}{R}\exp\left(\frac{-t}{RC}\right)\mathrm{d}t = R\int_0^\infty \frac{E^2}{R^2}\exp\left(-\frac{2t}{RC}\right)\mathrm{d}t + \frac{1}{2}C\int_E^0 \mathrm{d}u^2$$

$$\frac{E^2}{R}\times(-RC)\left[\exp\left(\frac{-t}{RC}\right)\right]_0^\infty = \frac{E^2}{R}\frac{-RC}{2}\left[\exp\left(-\frac{2t}{RC}\right)\right]_0^\infty + \frac{1}{2}CE^2$$

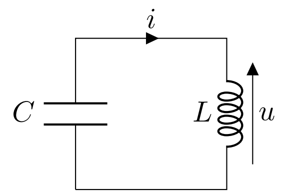
$$CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{1}{2}CE^2$$

Toute l'énergie délivrée par le générateur est pour moitié dissipée par effet Joule et pour l'autre moitié stockée dans le condensateur.

Remarque : ce résultat est indépendant de la résistance R. Stockée l'énergie électrique dans des condensateurs n'est pas rentable, car la moitié de l'énergie produite serait "perdue" avant même de s'en servir.

Application 3 : Bilan d'énergie d'un Oscillateur harmonique

Énoncé　Soit le circuit ci-dessous.



Données : à $t > 0$, $u(t) = E\cos(\omega_0 t)$ et $i(t) = C\omega_0 E\sin(\omega_0 t)$ avec $\omega_0^2 = \dfrac{1}{LC}$.

(1) Calculer l'énergie totale du système à tout instant. Conclure.

(2) Tracer l'énergie du condensateur $\mathcal{E}_c$ et l'énergie de la bobine $\mathcal{E}_L$ au cours du temps.

Solution

(1)

$$\mathcal{E}_{\text{tot}} = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_L$$

$$\mathcal{E}_{\text{tot}} = \frac{1}{2}Cu^2 + \frac{1}{2}Li^2$$

$$\mathcal{E}_{\text{tot}} = \frac{1}{2}CE^2\cos^2(\omega_0 t) + \frac{1}{2}LE^2\omega_0^2\sin^2(\omega_0 t)$$

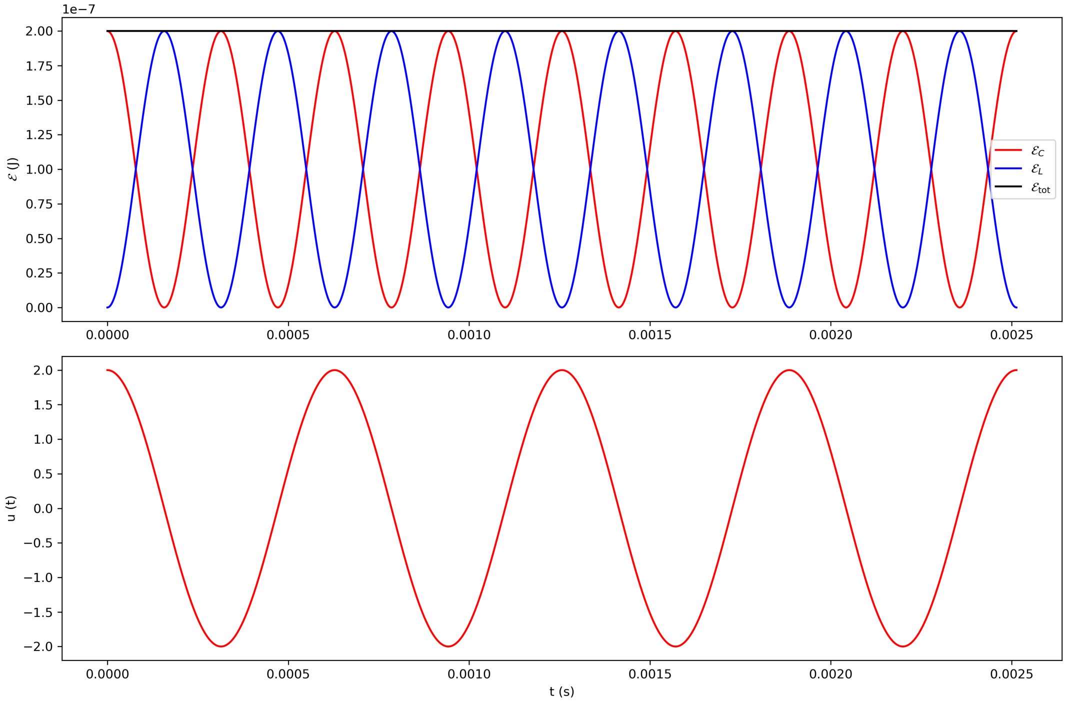
$$\mathcal{E}_{\text{tot}} = \frac{1}{2}CE^2\cos^2(\omega_0 t) + \frac{1}{2}CE^2\sin^2(\omega_0 t)$$

$$\mathcal{E}_{\text{tot}} = \frac{1}{2}CE^2$$

L'énergie totale est une constante : normal, il n'y pas de terme dissipatif : résistor. Cas purement théorique.

CC BY NC SA

2



1e−7
2.00
1.75
1.50
1.25
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
$\mathcal{E}$ (J)
$\mathcal{E}_C$
$\mathcal{E}_L$
$\mathcal{E}_{tot}$
0.0000
0.0005
0.0010
0.0015
0.0020
0.0025
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
−1.5
−2.0
u (t)
t (s)