

Cours – Fiches de physique

PHYSIQUE NUCLÉAIRE

1. Structure du noyau

- Le noyau est composé de :
 - **Protons** (p^+) : charge positive
 - **Neutrons** (n^0) : neutres
- On appelle **nucléons** = protons + neutrons

A : nombre de masse
= Z + N

Notation : ${}^A_ZX$

Z : numéro atomique
(= nombre de protons)

N : nombre de neutrons
(N = A – Z)

2. Isotopes

Même Z mais N différent.

Exemples : ${}^{12}_6C$, ${}^{14}_6C$, ${}^{13}_6C$

→ Ce sont des isotopes du carbone.

3. Défaut de masse et énergie de liaison

- Défaut de masse** :

$$\Delta m = Z m_p + N m_n - m_{\text{noyau}}$$

m_p : masse du proton

m_n : masse du neutron

m_{noyau} : masse du noyau

- Énergie de liaison** :

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (vitesse de la lumière)

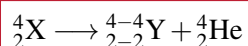
Plus l'énergie de liaison est grande,
plus le noyau est stable.

4. Radioactivité

Définition : Transformation spontanée
d'un noyau instable en un autre noyau
plus stable, avec émission de rayonnements.

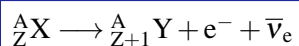
Types de radioactivité :

- a) **Radioactivité α (alpha)**



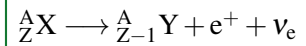
Émission d'une particule α (noyau d'hélium).

- b) **Radioactivité β^- (bêta moins)**



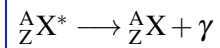
Émission d'un électron et d'un antineutrino.

- c) **Radioactivité β^+ (bêta plus)**



Émission d'un positon et d'un neutrino.

- d) **Rayonnement γ (gamma)**



Désexcitation du noyau sans changement
de A ni de Z. Émission d'un photon γ .

5. Loi de décroissance radioactive

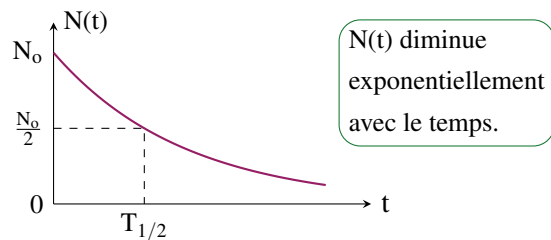
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N(t)$: nombre de noyaux radioactifs à l'instant t

N_0 : nombre initial de noyaux à t = 0

λ : constante radioactive (s^{-1})

t : temps (en s)



6. Demi-vie (période radioactive)

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

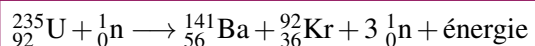
Temps nécessaire pour que
la moitié des noyaux dis-
paraissent.

$$N(T_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

7. Fission nucléaire

Un noyau lourd se casse en deux noyaux plus
légers en libérant des neutrons et une grande quantité
d'énergie.

Exemple : fission de l'uranium 235



8. Fusion nucléaire

Deux noyaux légers fusionnent pour former un noyau
plus lourd en libérant beaucoup d'énergie.

Exemple : dans le Soleil



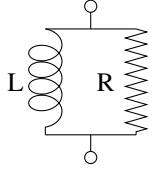
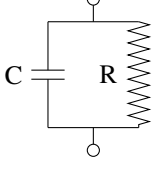
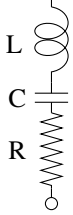
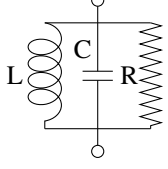
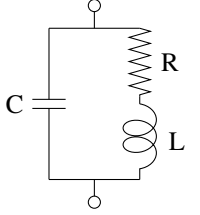
9. Applications

- Production d'électricité (centrales nucléaires).
- Médecine : radiothérapie, imagerie (scan, IRM...).
- Datation de vestiges : carbone 14 (^{14}C).
- Recherche scientifique et industrie.

10. Risques

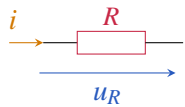
- Rayonnements ionisants dangereux pour les êtres vivants.
- Mutations génétiques, cancers.
- Accidents nucléaires possibles (ex : Tchernobyl, Fukushima).
- Déchets radioactifs à gérer sur le long terme.

Impédance, déphasage et puissance de quelques circuits

Schéma du circuit	Impédance Z	Déphasage φ	Puissance P
	$\frac{R \omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{\omega L}$	$E_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$
	$\frac{R}{\omega C \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$	$\operatorname{tg} \varphi = -\omega C R$	$E_{\text{eff}} I_{\text{ef}} \cos \varphi$
	$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ Circuit oscillant série	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$	$E_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$
	$\frac{RL}{C \sqrt{R^2 \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 + \frac{L}{C^2}}}$ Circuit oscillant parallèle	$\operatorname{tg} \varphi = C \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{L}$	$E_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$
	$\sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \omega C}$ Circuit oscillant parallèle	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega^2 LC \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) + R^2}{\omega C}$	$E_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$

Résumé du cours de physique (Dipôle RC)

1. Conducteur Ohmique :



R : résistance du conducteur Ohmique en Ohm (Ω).

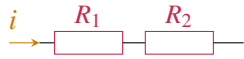
$$u_R = R \cdot i$$

tension en (V)

intensité de courant en (A)

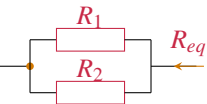
2. L'association des conducteurs

– En Série :



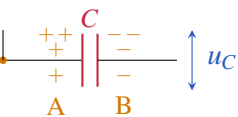
$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

– En Parallèle :



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

3. Condensateur :



Convention récepteur

C : capacité d'un condensateur en Farad (F)

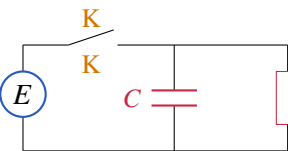
q : Charge du condensateur en coulomb (C)

$$u_C = \frac{q}{C} \quad \text{ou} \quad q = C \cdot u_C$$

Δ armature A is négativement chargée

$$q_A = -q \quad ; \quad q_B = +q$$

5. Étude du circuit RC



Charge

• Si l'interrupteur K est en position ① ...

charge

• Si l'interrupteur K est en position ② ...

décharge

6. Équations Différentielles

$$u_C + RC \frac{du_C}{dt} = E$$

$$q + RC \frac{dq}{dt} = 0$$

7. Solutions & Intégration

$$u_C(t) = A(1 - e^{-t/\tau}) \Rightarrow A = E \quad \text{conditions initiales}$$

$$u_C(t) = A(1 - e^{-t/\tau}) \Rightarrow A = E \quad \text{conditions finales}$$

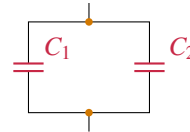
$$q(t) = A(1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{conditions initiales}$$

8. L'association des condensateurs

– Association en parallèle :

Intérêt du montage :

Augmente la capacité



$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

– Association en série :

Intérêt du montage :

Diminue la capacité



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

9. Générateurs :

– Générateur idéal de tension



Délivre une tension de E

– Générateur idéal de courant



Délivre un courant d'intensité

$$I_0 = \text{cte}$$

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{ou} \quad I = \frac{q}{t}$$

10. Bilan : Les 5 clés

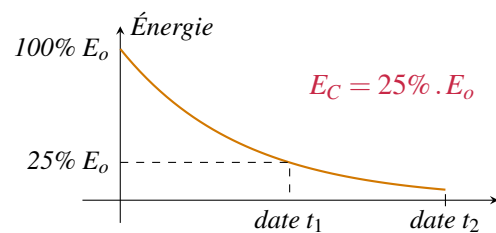
$$\textcircled{1} u_R = R \cdot i \quad \textcircled{2} u_C = \frac{q}{C} \quad \textcircled{3} q = C \cdot u_C$$

$$\textcircled{4} i = \frac{dq}{dt} \quad \textcircled{5} I = \frac{q}{t}$$

11. Énergie emmagasinée

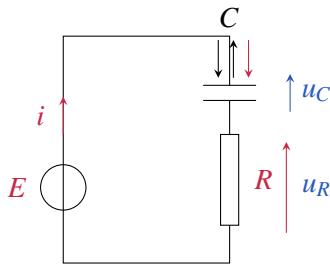
$$E_C = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u_C^2 = \frac{q^2}{2C}$$

Bilan énergétique diminue de 75%



Résumé du cours de physique (dipôle RC)

1. Circuit de charge :



2. Les équations différentielles :

• Eq. diff. vérifiée par u_C :

d'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_C + u_R = E$$

$$u_C + Ri = E$$

$$u_C + RC \frac{du_C}{dt} = E$$

• Eq. diff. vérifiée par q :

d'après la loi d'additivité des tensions :

$$u_C + u_R = E$$

$$\frac{q}{C} + Ri = E$$

$$\left(\frac{q}{C} + R \frac{dq}{dt} = E \right) \times C$$

$$q + RC \frac{dq}{dt} = CE$$

• Eq. diff. vérifiée par u_R :

d'après la loi d'additivité des tensions

$$u_C + u_R = E$$

$$\Rightarrow \text{je dérive : } \frac{du_C}{dt} + \frac{du_R}{dt} = \frac{dE}{dt} = 0$$

$$i = C \frac{du_C}{dt}$$

↓

$$u_R = Ri \Rightarrow \left(\frac{u_R}{RC} + \frac{du_R}{dt} \right) \times RC = 0$$

$$u_R + RC \frac{du_R}{dt} = 0$$

• Eq. diff. vérifiée par i :

d'après la loi d'additivité des tensions

$$u_C + u_R = E$$

$$\Rightarrow \text{je dérive : } \frac{du_C}{dt} + \frac{du_R}{dt} = \frac{dE}{dt} = 0$$

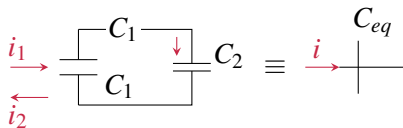
$$i = C \frac{du_C}{dt}$$

$$\Rightarrow i + \frac{d}{dt}(Ri) = 0 \Rightarrow \left(\frac{i}{C} + R \frac{di}{dt} \right) \times C = 0$$

$$i + RC \frac{di}{dt} = 0$$

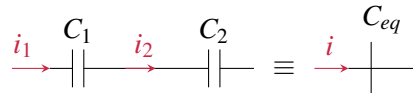
3. Association des condensateurs :

• Association en parallèle :



$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

• Association en série :



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

• Intérêt du montage :

⇒ Augmenter la capacité.

• Intérêt du montage :

⇒ Diminuer la capacité.

4. Générateur :

Générateur idéal de tension

f.e.m. E ↑ Délivre une tension cste

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Générateur idéal de courant

↑ I_o ↑ Délivre un courant d'intensité cste → $I_o = \text{cste}$

$$I = \frac{q}{t}$$

5. Relation entre q et u_C :

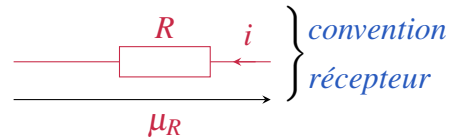
$$\mu_C = \frac{q}{C} \Rightarrow q = C \mu_C$$

↑ ↑ ↑
(C) (F) (V)

q : Charge du condensateur en coulomb (C).

Résumé du cours de physique (dipôle RC)

* Conducteur Ohmique :



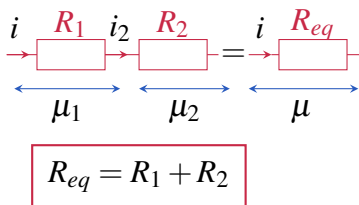
- R : résistance du conducteur Ohmique en Ohm (Ω).

$$\mu_R = R \cdot i$$

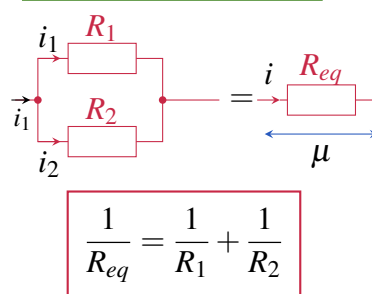
tension en (V) ———— ↑ ———— intensité de courant en (A)

* L'association des conducteurs

• Association en Série :

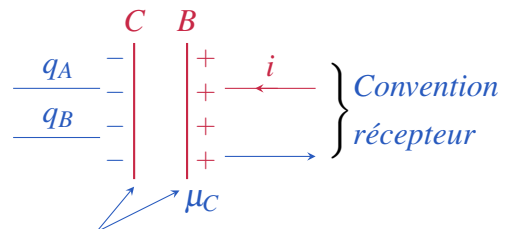


• Association en parallèle



* Condensateur :

- C : capacité d'un condensateur en Farad (F)



⚠ L'armature A est chargée négativement.

$$q_A = -q \quad ; \quad q_B = +q$$

1.3. Tableau récapitulatif des oscillateurs libres

Oscillateurs	Equations différentielles	Pulsations (rd/s)	Périodes (s)	Fréquences (Hz)	Equations Horaires	Energies		
Pendule Elastic (horizontal)	$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$	$w_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$	$x = x_m \cos(w_0 t + \varphi)$ $v = -w_0 x_m \sin(w_0 t + \varphi)$	Potentielle élastique $E_p = \frac{1}{2}kx^2$	Cinétique $E_C = \frac{1}{2}mv^2$	Mécanique $E_m = \frac{1}{2}kx_m^2$
Pendule de Torsion	$\ddot{\alpha} + \frac{C}{J}\alpha = 0$	$w_0 = \sqrt{\frac{C}{J}}$	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{C}}$	$N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{J}}$	$\alpha = \alpha_m \cos(w_0 t + \varphi)$ $\dot{\alpha} = -w_0 \alpha_m \sin(w_0 t + \varphi)$	Potentielle de torsion $E_p = \frac{1}{2}C\alpha^2$	Cinétique $E_C = \frac{1}{2}J\dot{\alpha}^2$	Mécanique $E_m = \frac{1}{2}C\alpha_m^2$
Pendule Pesant	$\ddot{\theta} + \frac{mgd}{J}\theta = 0$	$w_0 = \sqrt{\frac{mgd}{J}}$	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgd}}$	$N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{mgd}{J}}$	$\theta = \theta_m \cos(w_0 t + \varphi)$ $\dot{\theta} = -w_0 \theta_m \sin(w_0 t + \varphi)$	Potentielle de pesant $E_p = \frac{1}{2}mgd\alpha^2$	Cinétique $E_C = \frac{1}{2}J\dot{\theta}^2$	Mécanique $E_m = \frac{1}{2}J\theta_m^2$
Pendule Simple	$\ddot{\alpha} + \frac{g}{\ell}\alpha = 0$	$w_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$	$N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\ell}}$	$\alpha = \alpha_m \cos(w_0 t + \varphi)$ $\dot{\alpha} = -w_0 \alpha_m \sin(w_0 t + \varphi)$	Potentielle de pesant $E_p = \frac{1}{2}mg\ell\alpha^2$	Cinétique $E_C = \frac{1}{2}J\dot{\alpha}^2$	Mécanique $E_m = \frac{1}{2}mg\ell\alpha_m^2$
Circuit LC	$\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$	$w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$	$N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$q = q_m \cos(w_0 t + \varphi)$ $\dot{q} = -w_0 q_m \sin(w_0 t + \varphi)$	Electrostatique $E_p = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$	Magnétique $E_C = \frac{1}{2}Li^2$	Totale $E_t = \frac{1}{2}\frac{q_m^2}{C}$