

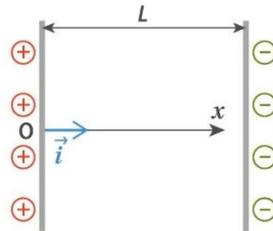
AD. 11A – Accélérateur linéaire

Quel est le principe d'un accélérateur linéaire de particules chargées ?

1 Vitesse obtenue à l'issue d'un condensateur plan

Une particule de masse m et de charge électrique q positive entre dans un condensateur plan de longueur L soumis à une tension U . On nomme \vec{v}_0 sa vitesse au point O. La deuxième loi de Newton, donne les équations horaires de sa vitesse et de sa position :

$$v_x(t) = \frac{qU}{mL} t + v_0 \quad \text{et} \quad x(t) = \frac{qU}{2mL} t^2 + v_0 t$$



2 Point de vue énergétique

D'après le théorème de l'énergie cinétique, une particule chargée positivement, accélérée par une tension U , connaît une variation d'énergie cinétique $\Delta E_c = qU$.

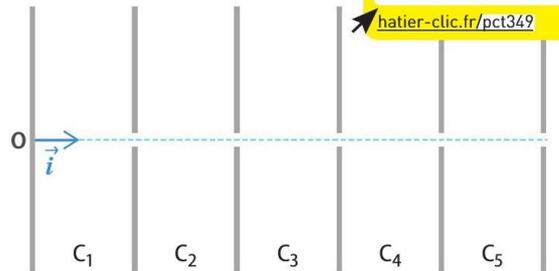
Une particule soumise n fois à une telle accélération, en étant initialement au repos, a donc une énergie cinétique $E_c(n) = nqU$.

3 Modélisation d'un accélérateur linéaire

On modélise un accélérateur par une série de condensateurs plans C_n (C_1, C_2, C_3, C_4 et C_5), alimentés par un générateur.

Paramètres choisis pour la modélisation :

- particule accélérée : un proton (masse $m = 1,67 \times 10^{-27}$ kg, charge $q = 1,60 \times 10^{-19}$ C) ;
- tension aux bornes du générateur : $U = 24$ V ;
- taille des condensateurs : $L = 2,7$ cm ;
- le proton est introduit en O sans vitesse initiale.



Doc. imprimable
Schéma de l'accélérateur
hatier-clic.fr/pct349

Questions

- 1 a.** Le proton est dans le condensateur C_1 (doc. 3). Quels doivent être les signes des charges des armatures de C_1 pour permettre l'accélération ?
- b.** Imprimer le document disponible à l'adresse hatier-clic.fr/pct349. Représenter les fils électriques sur le schéma 1 pour avoir une alternance d'armatures positives et négatives.
- c.** Calculer la vitesse v_1 à la sortie de C_1 et la durée t_1 passée dans C_1 (doc. 1 à 3).
- 2 a.** Le proton entre dans C_2 . Que se passe-t-il si rien n'est fait ?
- b.** Sur le schéma 2, reproduire les branchements de la question 1b et représenter la polarité du générateur permettant de poursuivre l'accélération du proton. Représenter la polarité des différentes armatures.
- c.** Calculer la vitesse v_2 du proton à la sortie de C_2 et la durée t_2 passée dans C_2 . Comparer t_2 avec t_1 .
- 3** L'accélérateur linéaire est en fait alimenté par un générateur de tension alternative de période T : toutes les demi-périodes, il change de polarité. On choisit $T = 2t_1$ avec t_1 calculée à la question 1c.
 - a.** Expliquer pourquoi cela empêche d'utiliser des condensateurs successifs de même taille comme le prévoit le modèle du doc. 3. Faut-il que les longueurs des condensateurs soient de plus en plus grandes ou de plus en plus petites ?
 - b.** À l'aide du doc. 2, déterminer le nombre de condensateurs nécessaires pour atteindre une vitesse $v = 0,1c$ (où $c = 2,998 \times 10^8$ m·s⁻¹).
 - c.** La longueur du n^e condensateur est $L_n = \frac{T}{2} \sqrt{\frac{qU}{2m}} \left(\frac{1}{\sqrt{n} - \sqrt{n-1}} \right)$.
Calculer les longueurs des condensateurs C_2, C_3, C_4 et C_5 .

Bilan

- Quel est l'intérêt de disposer d'une succession de condensateurs plans plutôt qu'un seul condensateur ?
- Pourquoi un tel dispositif permet-il d'accélérer plusieurs particules les unes à la suite des autres ?
- Peut-on envisager la réalisation d'un accélérateur linéaire, de grande énergie, compact ?

➔ Cours 2c et 2d p. 355

