

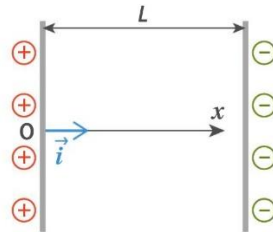
AD. 12A – Accélérateur linéaire

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  $\Delta E_c = qU$ .

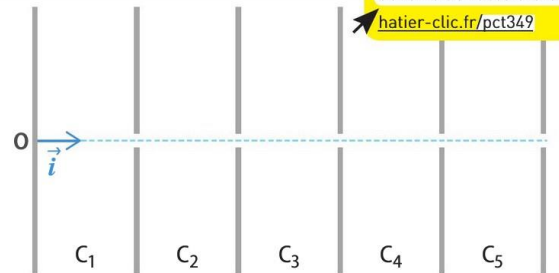
Une particule soumise  $n$  fois à une telle accélération, en étant initialement au repos, a donc une énergie cinétique  $E_c(n) = nqU$ .

**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.



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](http://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<sup>-1</sup>).

**c.** La longueur du  $n^{\text{e}}$  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

