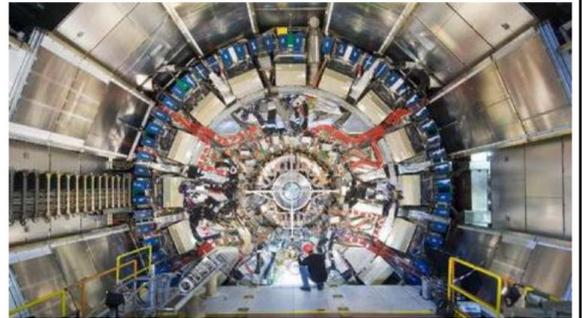


Pour percer les secrets de la matière à l'échelle subatomique, les physiciens construisent depuis plus de cinquante ans, des collisionneurs de particules de plus en plus puissants. Le dernier né de cette famille est le Grand Collisionneur de Hadrons\* : le LHC pour « Large Hadrons Collider » construit par le laboratoire européen de physique des particules, le CERN, situé près de Genève. C'est le plus puissant accélérateur de particules construit à ce jour.



\* Hadrons : Les hadrons (du grec « adros », qui signifie « épais ») sont des particules composées de quarks. Les protons et les neutrons, qui constituent les noyaux des atomes, appartiennent à cette famille.

### Accélérateurs de particules

Le gros avantage des accélérateurs est de pouvoir fournir des faisceaux de particules dont la nature est connue et l'énergie variable, dans la limite des performances du dispositif. Avec de tels outils, les chercheurs peuvent entreprendre des campagnes de mesures systématiques grâce à des expériences dont on changera à loisir les conditions de fonctionnement.

Alors qu'est-ce qu'un accélérateur ? C'est un dispositif construit pour augmenter la vitesse mais surtout l'énergie des particules. Pour augmenter l'énergie des particules, il existe une seule solution, il faut les soumettre à un champ électrique le plus intense possible. Seules les particules chargées et stables pourront être accélérées. En pratique, les premiers accélérateurs s'appliquèrent tant aux protons qu'aux électrons.

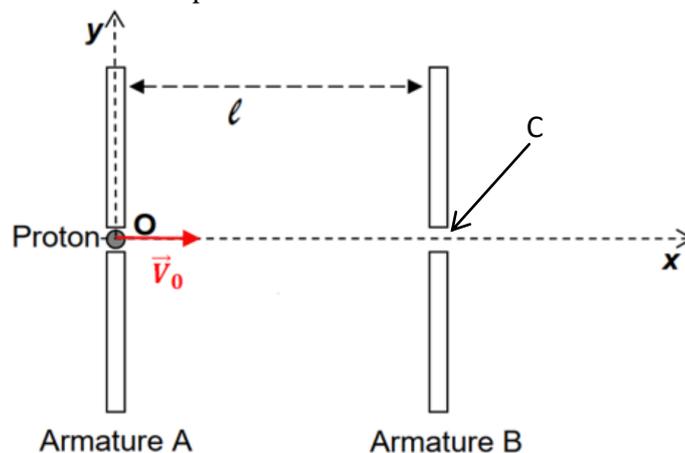
*D'après « Le vrai roman des particules élémentaires » de François Vannucci professeur à l'université Paris 7-Denis Diderot*

Un proton pénètre dans un accélérateur linéaire de particules.

À  $t = 0$  s, le proton est situé en O et possède une vitesse initiale de valeur  $V_0 = 2,0 \cdot 10^3$  m/s et de direction (Ox) (voir schéma ci-après).

Entre les armatures A et B, séparées d'une distance  $\ell = 6,5$  cm, règne un champ électrostatique uniforme de valeur  $E = 10,0$  kV/m

On négligera le poids devant la force électrique.



Données :

Masse d'un proton :  $m = 1,7 \times 10^{-27}$  kg

Charge élémentaire :  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C

1. Recopier le schéma précédent et précisez les signes des charges électriques des armatures A et B pour que le proton soit accéléré entre O et C. Représentez, sans souci d'échelle, le vecteur champ électrique  $\vec{E}$ .
2. En déduire les caractéristiques de la force  $\vec{F}$  appliquée sur le proton et représentez-là sur le schéma précédent, sans souci d'échelle.
3. Vérifier que le poids du proton est bien négligeable devant la force électrique.
4. A l'aide de la seconde loi de Newton appliquée au proton dans le référentiel terrestre, établir l'expression donnant la vitesse  $v$  du proton:  $v = \frac{eE}{m} t + v_0$ .
5. En déduire l'expression de l'abscisse  $x$  en fonction du temps.

En utilisant le théorème de l'énergie cinétique entre les points O et C, établir la relation permettant

de calculer la vitesse  $v$  du proton :  $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2eE \ell}{m}}$

Rappels :

-- Le travail de la force électrique  $\vec{F}$  pour aller du point O au point C est  $W_{OC}(\vec{F}) = eU$  où  $U$  est la tension électrique qu'il y a entre les armatures A et B.

-- Le champ électrique de norme  $E$  (en  $V \cdot m^{-1}$ ) et la tension électrique  $U$  (en  $V$ ) sont liés par la relation

$E = \frac{U}{\ell}$  où  $\ell$  est la distance (en  $m$ ) entre les armatures.

6. Calculer la valeur de  $v$  et comparer à  $v_0$ . Conclure.
7. A l'aide des équations horaires donnant la vitesse  $v(t)$  et l'abscisse  $x(t)$ , retrouver l'expression :

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2eE \ell}{m}}$$