

Chapitre 7

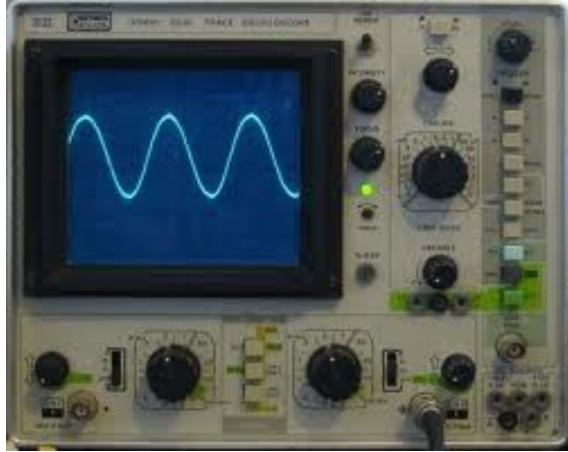
APPLIQUER LA 2^{ème} LOI DE NEWTON



I. Méthodes générales



Mouvement dans un champ électrique uniforme



IV. Exemple : chute du coyote



Vidéo : chute du coyote

Exercices :

- Romain d'Obélix
- Lois Lane

Vidéo : Lois Lane



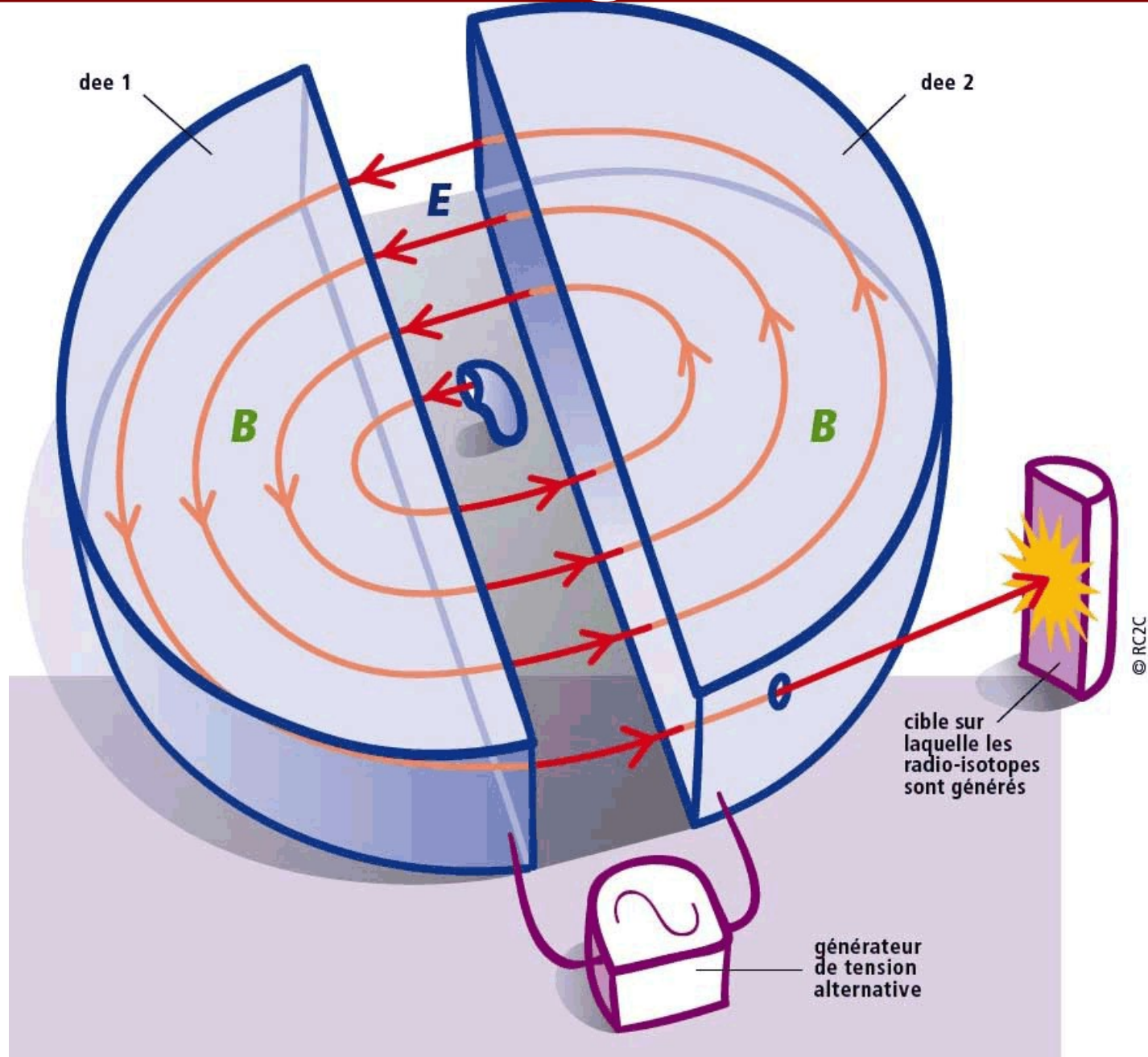
III. Exemple : Lancé de projectile



Vidéo : Homer

Exercice type bac : Hockey

IV. Accélération d'une particule chargée



16 Poids d'un électron

Un électron de masse $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg et de charge $-e$ pénètre dans un champ électrostatique uniforme de valeur $E = 100 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

La valeur de l'intensité de pesanteur est, dans ce condensateur plan : $g_0 = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Calculer la valeur de la force électrostatique $\vec{F}$ qui modélise l'action mécanique qui s'exerce sur l'électron dans le champ $\vec{E}$.
2. Calculer son poids P .
3. Peut-on négliger le poids de l'électron par rapport à la force électrostatique ?

Activité 2

Ad

Un accélérateur linéaire

Pour sonder la matière, la technologie apporte bien des solutions, notamment les accélérateurs de particules, qui produisent des ions ou des électrons de très hautes énergies.



Fig. 1 L'analyse d'un « scribe égyptien ».

Étude de document

La composition chimique de la matière constituant des objets d'art ou d'archéologie permet d'identifier un matériau, son origine ou son authenticité, et de prévoir une éventuelle restauration. Le Laboratoire des musées de France dispose de plusieurs techniques d'analyse, dont certaines font appel à des équipements de pointe comme l'AGLAE : l'Accélérateur Grand Louvre d'Analyse Élémentaire, situé dans les sous-sols du musée du Louvre.

Cet appareil est un accélérateur linéaire électrostatique de type tandem de 2 MV. Il produit un faisceau d'ions monoatomiques qui est envoyé sur l'objet à étudier. Celui-ci émet des particules en retour ; elles sont analysées et les chercheurs en déduisent la nature des éléments chimiques se trouvant à la surface de l'objet (**Fig. 1**). Les avantages de cette technique sont sa rapidité et son caractère non destructif vis-à-vis des œuvres.

Le principe de fonctionnement d'un accélérateur de type tandem est résumé sur la **figure 2**.

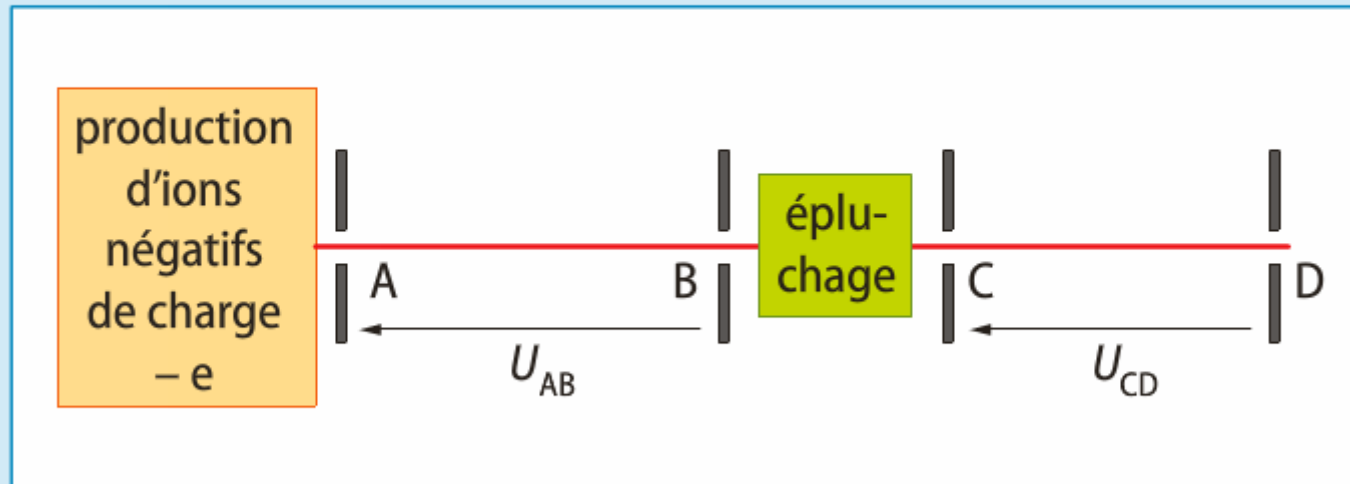


Fig. 2 Schéma de fonctionnement d'un accélérateur type tandem.

On utilise par exemple, des atomes d'hydrogène H ($Z = 1$), qui sont transformés en ions négatifs de charge $q = -e$, puis soumis à un champ électrostatique créé par la tension $U = |U_{AB}| = 2,0 \text{ MV}$ entre les deux armatures A et B d'un condensateur plan. Au centre du dispositif, entre B et C, les ions sont « épluchés » pour devenir des ions positifs de charge $q' = e$, qui sont soumis à une nouvelle tension $U = |U_{CD}|$.

production
d'ions
négatifs
de charge
 $-e$

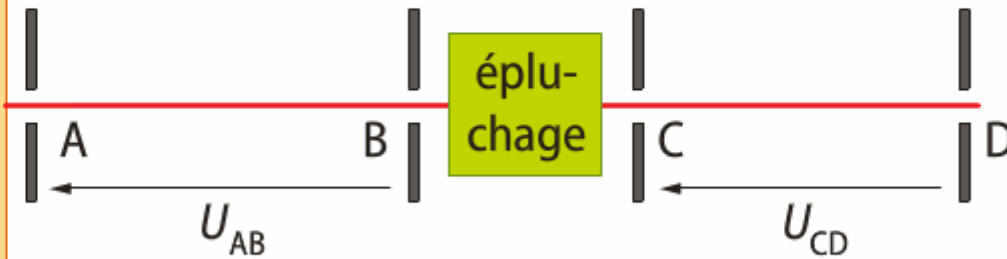


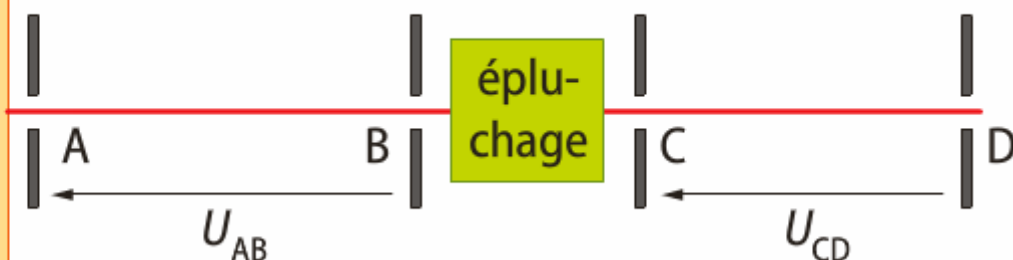
Fig. 2 Schéma de fonction

On utilise par exemple, des atomes d'hydrogène H ($Z = 1$), qui sont transformés en ions négatifs de charge $q = -e$, puis soumis à un champ électrostatique créé par la tension $U = |U_{AB}| = 2,0 \text{ MV}$ entre les deux armatures A et B d'un condensateur plan. Au centre du dispositif, entre B et C, les ions sont « épluchés » pour devenir des ions positifs de charge $q' = e$, qui sont soumis à une nouvelle tension $U = |U_{CD}|$.

On dispose des données suivantes :

- l'énergie cinétique, en J, acquise par une particule de charge q soumise à une tension électrique U est $\Delta E_c = |q| \cdot U$, où q est exprimé en C et U en V. On l'exprime souvent en électronvolt ($1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$) ;
- la masse d'un atome d'hydrogène est $m = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
- la charge élémentaire a pour valeur $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

production
d'ions
négatifs
de charge
 $-e$



- 1 a.** Quel est le champ qui agit sur les ions produits par l'accélérateur ? Quel autre champ néglige-t-on ?
b. Quel est donc obligatoirement le type de particule que l'on doit utiliser dans ces accélérateurs ?
- 2 a.** Quels sont les ions accélérés entre les armatures A et B ? Quelle est l'armature chargée positivement ?
b. Sur un schéma, représenter le vecteur champ et le vecteur force responsable du mouvement des particules entre A et B.
- 3 a.** Calculer, en MeV, l'énergie cinétique acquise par un ion en B.
b. En admettant que les ions entrent en A sans vitesse initiale ($v_A = 0$), calculer la vitesse v_B d'un ion en B.

4 a. Entre B et C, quelle(s) particule(s) élémentaire(s) l'éplucheur enlève-t-il de l'ion incident ?

b. De combien de particules élémentaires l'ion est-il ainsi « épluché » ?

5 a. Quelle est, de C ou de D, l'armature chargée positivement ?

b. Représenter sur un schéma le vecteur champ et le vecteur force responsable du mouvement des ions entre C et D.

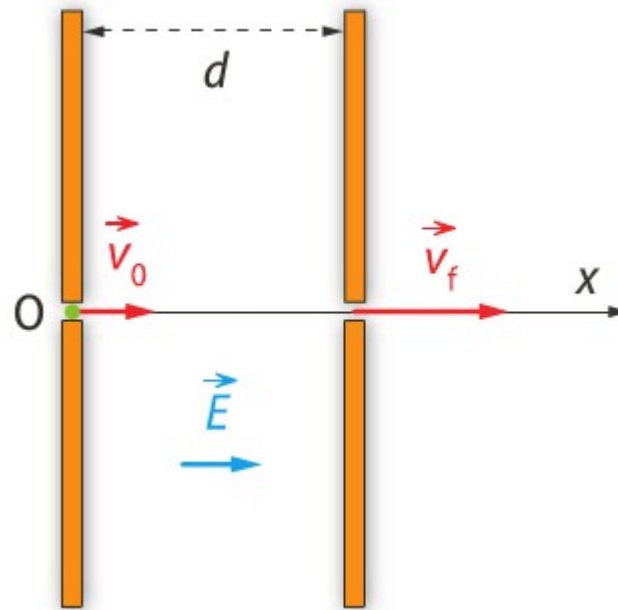
6 a. Comparer la vitesse des ions entre C et D.

b. En supposant que la vitesse des ions ne varie pas entre B et C, comparer leurs vitesses entre A et D.

17 Accélération d'un proton

p.158

Dans un accélérateur linéaire de particules, un proton de charge e et de masse $m = 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ pénètre avec une vitesse initiale de valeur $v_0 = 2,0 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, perpendiculaire aux armatures d'un condensateur plan. Dans ce condensateur règne un champ électrostatique uniforme de valeur $E = 1,0 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$. Le poids du proton est négligé. Sa vitesse finale doit être $v_f = 2 v_0$.



1. a. Quelles sont les caractéristiques de l'action mécanique appliquée au proton ?
b. Écrire la deuxième loi de Newton. Projeter cette relation sur l'axe x , l'accélération a_x , E , m et e .
2. a. Quel est le mouvement du proton ?
b. Justifier le nom d'accélérateur linéaire donné à ce dispositif.
3. Le mouvement est étudié selon un axe horizontal (Ox), orienté dans le sens du mouvement, dont l'origine coïncide avec la position d'entrée de la particule dans le condensateur. Déterminer les équations horaires de la vitesse $v(t)$ et de la position $x(t)$ du proton.
4. a. À quel instant t le proton a-t-il atteint la vitesse v_f ?
b. En déduire la distance d entre les deux armatures.

Chapitre 7

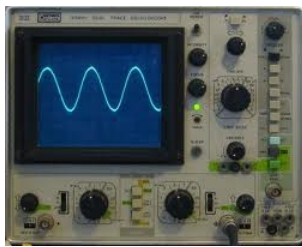
APPLIQUER LA 2^{ème} LOI DE NEWTON



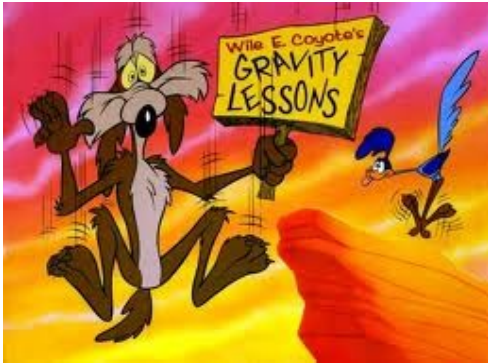
I. Méthodes générales



Mouvement dans un champ électrique uniforme



IV. Exemple : chute du coyote



Vidéo : chute du coyote

Exercices :

- Romain d'Obélix
- Lois Lane

Vidéo : Lois Lane



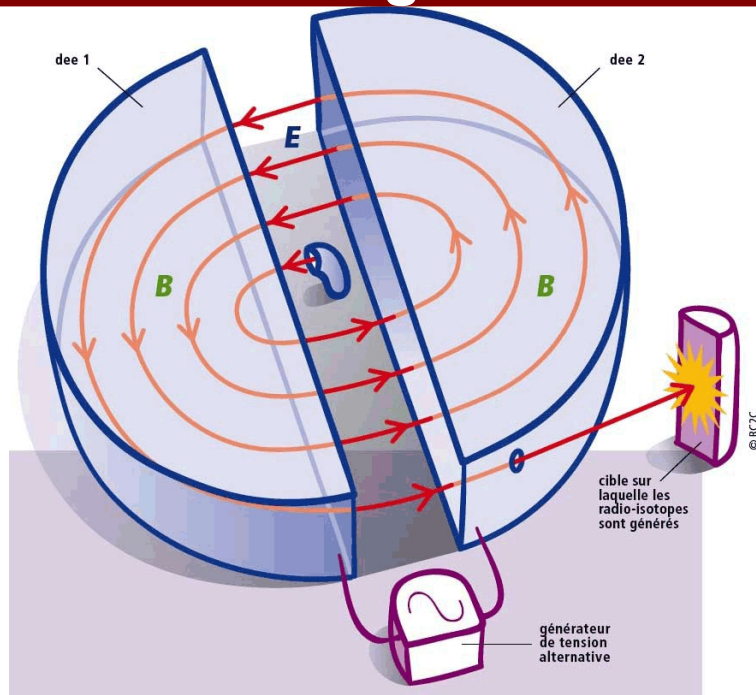
III. Exemple : Lancé de projectile



Vidéo : Homer

Exercice type bac : Hockey

IV. Accélération d'une particule chargée



16 Poids d'un électron

Un électron de masse $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg et de charge $-e$ pénètre dans un champ électrostatique uniforme de valeur $E = 100 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

La valeur de l'intensité de pesanteur est, dans ce condensateur plan : $g_0 = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Calculer la valeur de la force électrostatique $\vec{F}$ qui modélise l'action mécanique qui s'exerce sur l'électron dans le champ $\vec{E}$.
2. Calculer son poids P .
3. Peut-on négliger le poids de l'électron par rapport à la force électrostatique ?

Activité 2

Ac

Un accélérateur linéaire

Pour sonder la matière, la technologie apporte bien des solutions, notamment les accélérateurs de particules, qui produisent des ions ou des électrons de très hautes énergies.

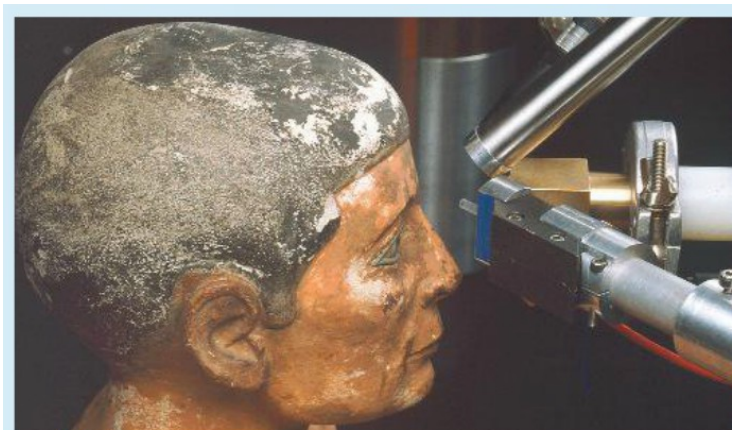


Fig. 1 L'analyse d'un « scribe égyptien ».

Étude de document

La composition chimique de la matière constituant des objets d'art ou d'archéologie permet d'identifier un matériau, son origine ou son authenticité, et de prévoir une éventuelle restauration. Le Laboratoire des musées de France dispose de plusieurs techniques d'analyse, dont certaines font appel à des équipements de pointe comme l'AGLAE : l'Accélérateur Grand Louvre d'Analyse Élémentaire, situé dans les sous-sols du musée du Louvre.

Cet appareil est un accélérateur linéaire électrostatique de type tandem de 2 MV. Il produit un faisceau d'ions monoatomiques qui est envoyé sur l'objet à étudier. Celui-ci émet des particules en retour ; elles sont analysées et les chercheurs en déduisent la nature des éléments chimiques se trouvant à la surface de l'objet (**Fig. 1**). Les avantages de cette technique sont sa rapidité et son caractère non destructif vis-à-vis des œuvres.

Le principe de fonctionnement d'un accélérateur de type tandem est résumé sur la **figure 2**.

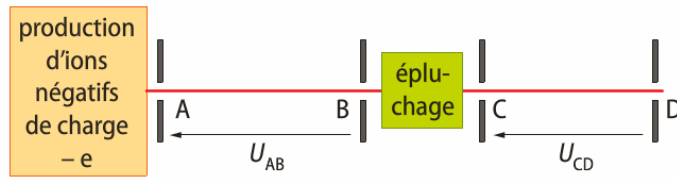


Fig. 2 Schéma de fonctionnement d'un accélérateur type tandem.

On utilise par exemple, des atomes d'hydrogène H ($Z = 1$), qui sont transformés en ions négatifs de charge $q = -e$, puis soumis à un champ électrostatique créé par la tension $U = |U_{AB}| = 2,0$ MV entre les deux armatures A et B d'un condensateur plan. Au centre du dispositif, entre B et C, les ions sont « épluchés » pour devenir des ions positifs de charge $q' = e$, qui sont soumis à une nouvelle tension $U = |U_{CD}|$.

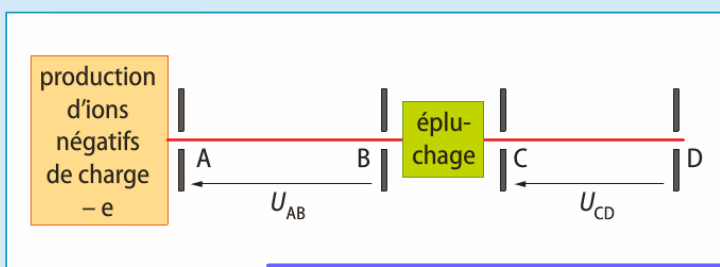
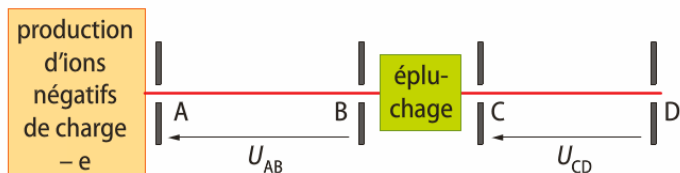


Fig. 2 Schéma de fonction

On utilise par exemple, des atomes d'hydrogène H ($Z = 1$), qui sont transformés en ions négatifs de charge $q = -e$, puis soumis à un champ électrostatique créé par la tension $U = |U_{AB}| = 2,0 \text{ MV}$ entre les deux armatures A et B d'un condensateur plan. Au centre du dispositif, entre B et C, les ions sont « épluchés » pour devenir des ions positifs de charge $q' = e$, qui sont soumis à une nouvelle tension $U = |U_{CD}|$.

- On dispose des données suivantes :
- l'énergie cinétique, en J, acquise par une particule de charge q soumise à une tension électrique U est $\Delta E_c = |q| \cdot U$, où q est exprimé en C et U en V. On l'exprime souvent en électronvolt ($1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$) ;
 - la masse d'un atome d'hydrogène est $m = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
 - la charge élémentaire a pour valeur $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$.



- 1
 - a. Quel est le champ qui agit sur les ions produits par l'accélérateur ? Quel autre champ néglige-t-on ?
 - b. Quel est donc obligatoirement le type de particule que l'on doit utiliser dans ces accélérateurs ?
- 2
 - a. Quels sont les ions accélérés entre les armatures A et B ? Quelle est l'armature chargée positivement ?
 - b. Sur un schéma, représenter le vecteur champ et le vecteur force responsable du mouvement des particules entre A et B.
- 3
 - a. Calculer, en MeV, l'énergie cinétique acquise par un ion en B.
 - b. En admettant que les ions entrent en A sans vitesse initiale ($v_A = 0$), calculer la vitesse v_B d'un ion en B.

4 a. Entre B et C, quelle(s) particule(s) élémentaire(s) l'éplucheur enlève-t-il de l'ion incident ?

b. De combien de particules élémentaires l'ion est-il ainsi « épluché » ?

5 a. Quelle est, de C ou de D, l'armature chargée positivement ?

b. Représenter sur un schéma le vecteur champ et le vecteur force responsable du mouvement des ions entre C et D.

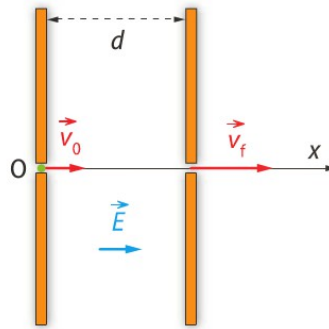
6 a. Comparer la vitesse des ions entre C et D.

b. En supposant que la vitesse des ions ne varie pas entre B et C, comparer leurs vitesses entre A et D.

17 Accélération d'un proton

p.158

Dans un accélérateur linéaire de particules, un proton de charge e et de masse $m = 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ pénètre avec une vitesse initiale de valeur $v_0 = 2,0 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, perpendiculaire aux armatures d'un condensateur plan. Dans ce condensateur règne un champ électrostatique uniforme de valeur $E = 1,0 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$. Le poids du proton est négligé. Sa vitesse finale doit être $v_f = 2 v_0$.



1. a. Quelles sont les caractéristiques de l'action mécanique exercée par le champ électrostatique ?
b. Écrire la deuxième loi de Newton. Projeter cette relation sur l'axe x , l'accélération a_x , E , m et e .
2. a. Quel est le mouvement du proton ?
b. Justifier le nom d'accélérateur linéaire donné à ce dispositif.
3. Le mouvement est étudié selon un axe horizontal (Ox), orienté dans le sens du mouvement, dont l'origine coïncide avec la position d'entrée de la particule dans le condensateur. Déterminer les équations horaires de la vitesse $v(t)$ et de la position $x(t)$ du proton.
4. a. À quel instant t le proton a-t-il atteint la vitesse v_f ?
b. En déduire la distance d entre les deux armatures.