

①

1. Données:  $v_0 = 0 \text{ m/s}$  à  $t = 0 \text{ s}$  le proton est en  $O \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \end{array} \right.$

$\vec{E}$ : de  $O$  vers  $x$  de norme  $E = \frac{U}{d}$

$$d = 10,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$U = 2,00 \text{ MV} = 2,00 \cdot 10^6 \text{ V} \quad M = \text{Mega} = 10^6$$

Système: proton      Ref: terrestre supposé Galiléen

$$1) 1. E = \frac{U}{d} = \frac{2,00 \times 10^6}{10,0 \times 10^{-2}} = 2,00 \times 10^7 \text{ V/m} = 20,0 \times 10^6 \text{ V/m} \\ = 20,0 \text{ MV/m}$$

→ à l'échelle:  $1 \text{ cm} \leftrightarrow 10 \text{ MV/m}$   
 $2 \text{ cm} \leftarrow 20 \text{ MV/m}$

1.2. On sait que:  $P = m \times g$  et  $F = q \times E$

$$P = 1,67 \times 10^{-27} \times 9,81$$

$$P = 1,64 \times 10^{-26} \text{ N}$$

$$F = +e \times E$$

$$F = 1,6 \times 10^{-19} \times 2,00 \times 10^7$$

$$F = 3,2 \times 10^{-12} \text{ N}$$

Le poids est négligeable devant la force électrique

Rq = Une grandeur est négligeable devant une autre si il y a un facteur  $10^3$  entre les 2...

1.3. D'après la 2<sup>e</sup> loi de Newton:

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

la seule force est  $\vec{F}$  car on néglige  $\vec{P}$  donc;

$$\vec{F} = m_p \vec{a}$$

circulaire ici

circulaire ici

On sait que  $\vec{F} = q \vec{E}$  or  $q > 0$  car c'est un proton

donc  $\vec{F}$  aura <sup>le</sup> même sens <sup>et</sup> la même direction que  $\vec{E}$

$$q \vec{E} = m_p \vec{a} \quad \text{or } q = +e$$

$$e \vec{E} = m_p \vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{e}{m_p} \vec{E}$$

$E, e$  et  $m_p =$  constantes donc  
 $a = \text{cste}$   
 donc : mouvement rectiligne uniformément accéléré  
car  $\vec{E}$  selon  $\vec{x}$  seulement

1.4. Th de l'Ec:

$$\Delta E_{c_{s \rightarrow 0}} = E_{c_s} - E_{c_0} = \Sigma W_{s \rightarrow 0}(\vec{F})$$

la seule force c'est  $\vec{F}$  donc

$$\Delta E_{c_{s \rightarrow 0}} = E_{c_s} - E_{c_0} = W_{s \rightarrow 0}(\vec{F}) = d \times F \times \underbrace{\cos(\underbrace{0^\circ}_{=0^\circ}, \vec{F})}_{=1}$$

$$= d \times F$$

$$\begin{aligned}
 E_{cs} - E_{c0} &= d \times q \times E \\
 &= d \times e \times E \\
 &= \cancel{d} \times e \times \frac{U}{\cancel{d}}
 \end{aligned}$$

$$\underline{E_{cs} - E_{c0} = exU}$$

1.5. On sait que  $E_c = \frac{1}{2} m \sigma^2$  donc

$$E_{cs} = \frac{1}{2} m_p \sigma_s^2 \quad \text{et} \quad E_{c0} = \frac{1}{2} m_p \sigma_0^2 \quad \text{or} \quad \sigma_0 = 0 \text{ m/s} \quad \text{donc}$$

$$E_{c0} = 0 \text{ J}$$

$$\text{donc} \quad E_{cs} - E_{c0} = \frac{1}{2} m_p \sigma_s^2 = exU$$

$$\sigma_s^2 = \frac{2exU}{m_p}$$

$$\underline{\sigma_s = \sqrt{\frac{2exU}{m_p}}}$$

$$\underline{\sigma_s = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 2,00 \times 10^6}{1,67 \times 10^{-27}}} = 1,96 \times 10^7 \text{ m/s}}$$

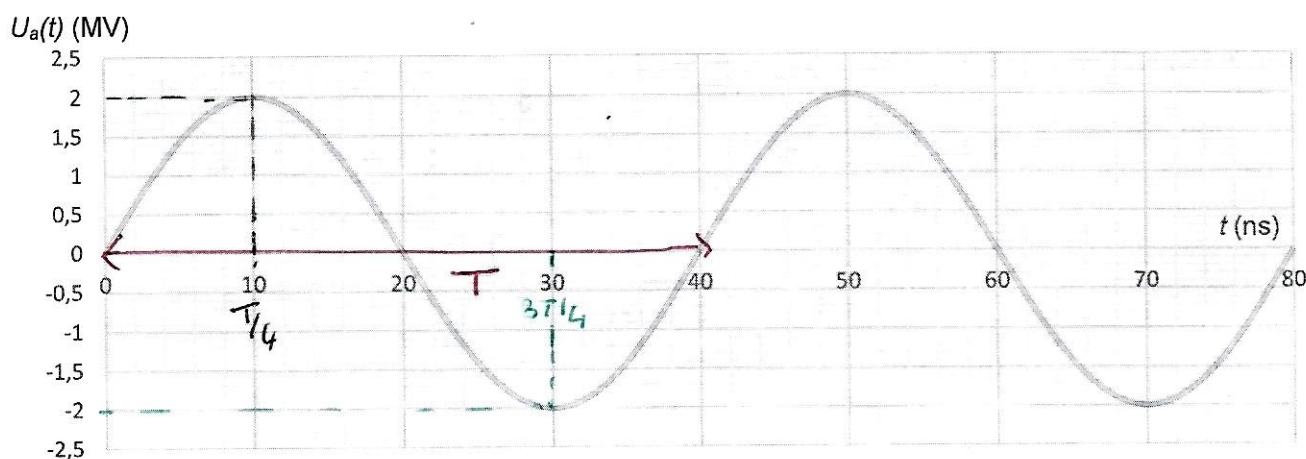
C'est vitesse est proche de celle de la lumière.

2.1. à  $\vec{t} = \vec{T}$ ,  $U_{\text{eff}} > 0$  donc, comme dans la partie 1,  
 $V_A > V_B$   $\vec{E}$  de gauche à droite dans l'intervalle 1.

Dans l'intervalle 2:  $\vec{E}$  va de droite vers gauche  $\leftarrow$ .

32

(4)



2.2. A  $t = \frac{3T}{4}$ ,  $U_a(t) < 0$  donc  $V_A < V_B$  donc :

\* ds intervalle 1:  $\vec{E}$  va de droite à gauche  $\leftarrow$ .

\* ds intervalle 2:  $\vec{E}$  va de gauche à droite  $\rightarrow$

2.3. Pour que la vitesse soit optimale il faut que  $\vec{E}$  soit max, donc  $U$  aussi et que les protons pénètrent dans les intervalles quand  $\vec{E}$  les accélère de gauche vers droite; donc, si le proton pénètre en  $\frac{T}{4}$  en  $O_1$ , il faut qu'il pénètre à  $\frac{3T}{4}$  en  $O_2$  donc il faut que le proton traverse le tube en  $\Delta t = \frac{3T}{4} - \frac{T}{4} = \frac{2T}{4} = \frac{T}{2}$ .

2.4. les tubes sont de plus en plus long car le proton accélère donc sa vitesse augmente donc il parcourt une distance de plus en plus grande en un temps  $\frac{T}{2}$ .



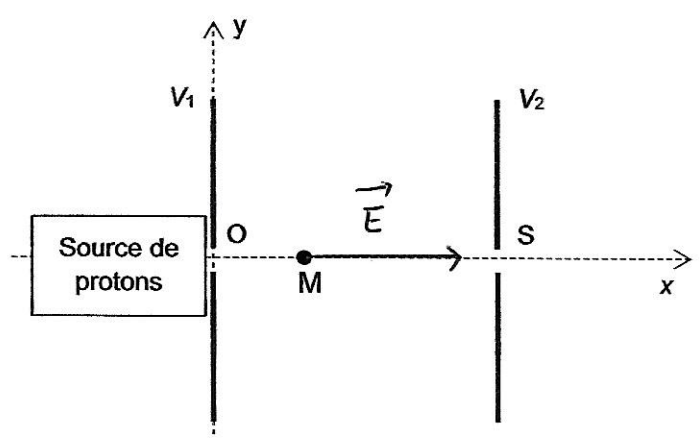
S2  
⑤

Annexe

**ANNEXE À RENDRE avec la copie de l'exercice B**  
**Accélérateur linéaire Linac2 du CERN**

Annexe de la question 1.1 :

Échelle : 1 cm représente 10 MV·m<sup>-1</sup>



Annexe de la question 2.1. :

