CLASSE : Terminale	**EXERCICE B** : au choix du candidat (5 points)
VOIE : ☒ Générale	**ENSEIGNEMENT : physique-chimie**
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui sans mémoire, « type collège »

EXERCICE B – Accélérateur linéaire Linac2 du CERN (5 points)

1.

1.1.

$$E = \frac{U}{d}$$
$$E = \frac{2{,}00.10^6}{10{,}0.10^{-2}}$$
$$E = 2{,}00.10^7 V.m^{-1}$$
$$E = 20{,}0\ MV.m^{-1}$$

Echelle 1 cm représente 10 MV.m^{-1}

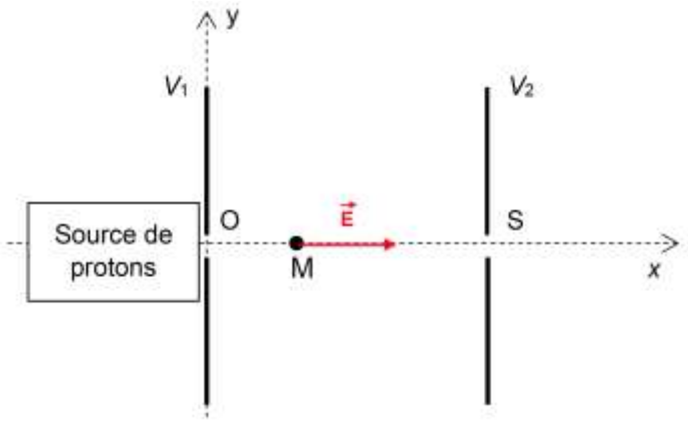
On représentera $\vec{E}$ par une flèche de 2,0 cm

$$U = V_1 - V_2 > 0$$
$$V_1 - V_2 > 0$$
$$V_1 > V_2$$

Donc la plaque 1 est positive et la plaque 2 est négative

$\vec{E}$:

- Direction : perpendiculaire aux plaques
- Sens : de la plaque positive vers la plaque négative
- Valeur : $E = 20{,}0\ MV.m^{-1}$, A l'échelle on représentera $\vec{E}$ par une flèche de 2,0 cm



1.2.

$$F = e \times E$$
$$F = 1{,}6.10^{-19} \times 2{,}00.10^7$$
$$F = 3{,}2.10^{-12} N$$

$$P = m_p \times g$$
$$P = 1{,}67.10^{-27} \times 9{,}81$$
$$P = 1{,}64.10^{-26}\ N$$

Comparons les deux forces :

$$\frac{F}{P} = \frac{3{,}2.10^{-12}}{1{,}64.10^{-26}} = 2{,}0.10^{14}$$

Ainsi, le poids est négligeable devant la force électrique.

1.3.

Système : proton

Référentiel : terrestre supposé galiléen

D’après la seconde loi de newton :

$\Sigma\vec{F}_{ext} = m_p\vec{a}$

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

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

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

$\vec{E}$ est un vecteur définie sur l’axe Ox donc $\vec{a}$ également.

De plus, il n’y a pas de vitesse initiale.

Le mouvement du proton dans le condensateur sera rectiligne (sur Ox) accéléré.

1.4.

Théorème de l’énergie cinétique : La variation d’énergie cinétique entre deux points O et S est égale a la somme des travaux des forces:

$$\Delta E_C = \Sigma W_{OS}(\vec{F})$$

$$E_{C\,finale} - E_{C\,initiale} = W_{OS}(\vec{F})$$

$$E_C(S) - E_C(O) = \vec{F}.\overrightarrow{OS}$$

$$E_C(S) - E_C(O) = e \times \vec{E}.\overrightarrow{OS}$$

$$E_C(S) - E_C(O) = e \times E \times OS \times \cos(\alpha)$$

$$E_C(S) - E_C(O) = e \times E \times d \times 1$$

$$E_C(S) - E_C(O) = e \times \frac{U}{d} \times d$$

$$E_C(S) - E_C(O) = e \times U$$

1.5.

$$\frac{1}{2} \times m_p \times v_S^2 - \frac{1}{2} \times m_p \times v_O^2 = e \times U$$

$$\frac{1}{2} \times m_p \times v_S^2 - 0 = e \times U$$

$$v_S^2 = \frac{2 \times e \times U}{m_p}$$

$$v_S = \sqrt{\frac{2 \times e \times U}{m_p}}$$

$$v_S = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}6.10^{-19} \times 2{,}00.10^6}{1{,}67.10^{-27}}}$$

$$v_S = 2{,}0.10^7\ m.s^{-1}$$

Pour une distance parcourue de 10 cm , le proton acquiert une vitesse $v_S = 2{,}0.10^7\ m.s^{-1}$. Cette vitesse est très grande.

2.

2.1.

Graphiquement $\mathrm{T} = 40\ \mathrm{ns}$

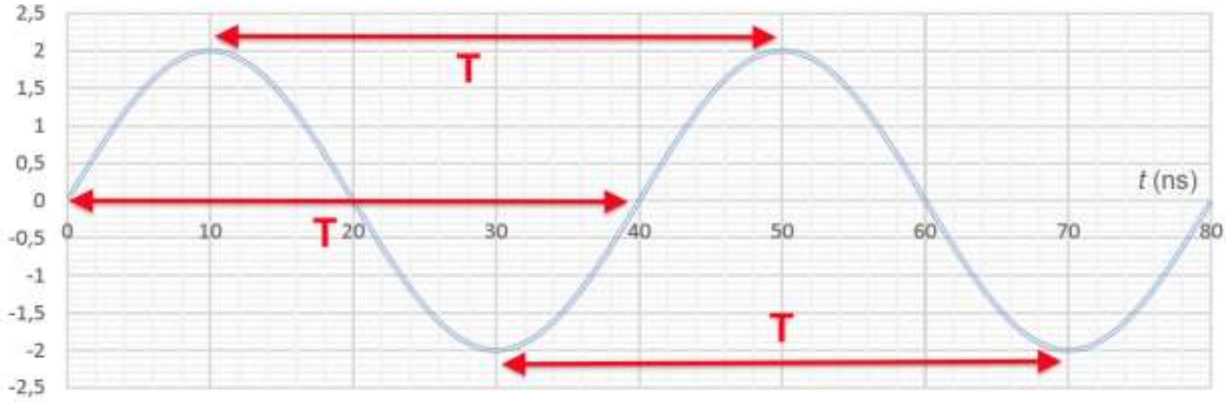


Figure 4. Évolution de la tension électrique $U_a(t)$ délivrée par le générateur.

Pour $\mathrm{t} = \frac{\mathrm{T}}{4}$

$$\mathrm{t} = \frac{40}{4} = 10\ \mathrm{ns}$$

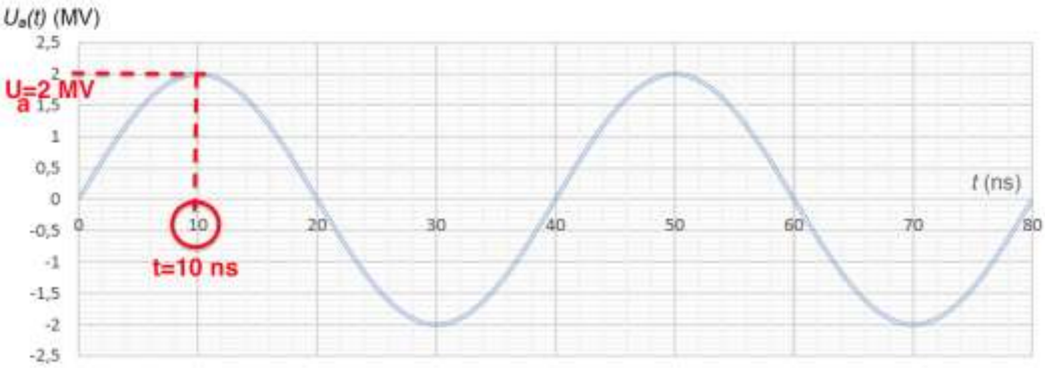


Figure 4. Évolution de la tension électrique $U_a(t)$ délivrée par le générateur.

$\mathrm{U_a} = 2\ \mathrm{MV}$ alors $\mathrm{V_A} > \mathrm{V_B}$

Donc la plaque A est positive et la plaque B est négative

Or $\vec{\mathrm{E}}$:

- Direction : perpendiculaire aux plaques
- Sens : de la plaque positive vers la plaque négative

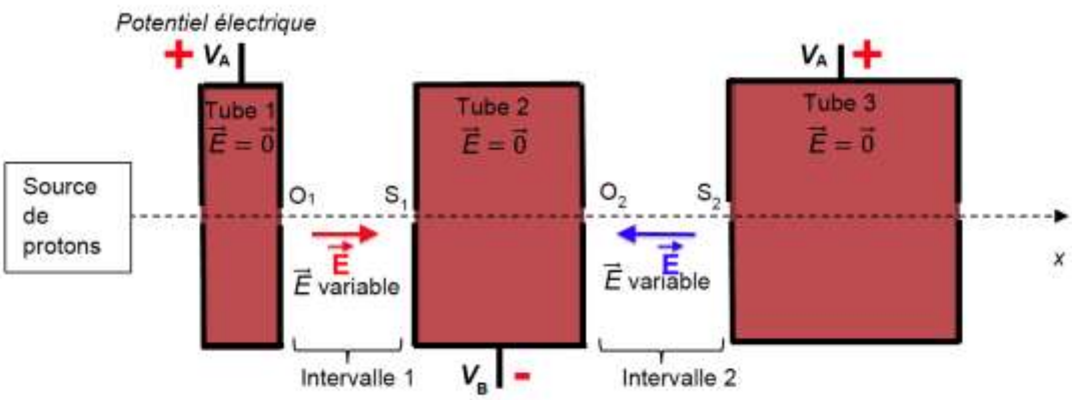


Figure 3. Schéma des deux premiers intervalles (l'échelle n'est pas respectée).

2.2.

Pour $t = \frac{3T}{4}$

$$t = \frac{3 \times 40}{4} = 30 \text{ ns}$$

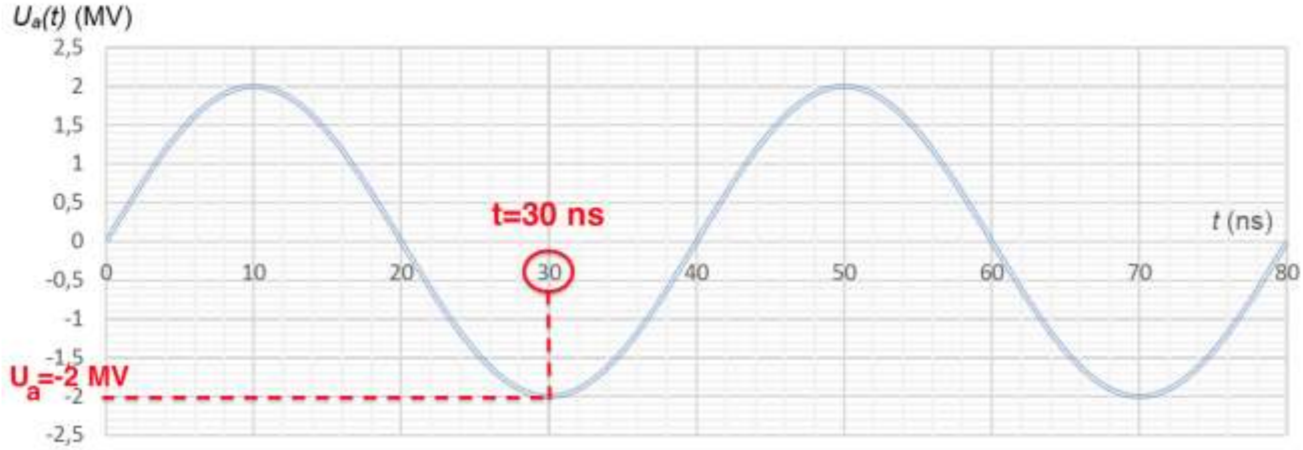


Figure 4. Évolution de la tension électrique $U_a(t)$ délivrée par le générateur.

$U_a = -2$ MV alors $V_A < V_B$

Donc la plaque A est négative et la plaque B est positive

Or $\vec{E}$:

- Direction : perpendiculaire aux plaques
- Sens : de la plaque positive vers la plaque négative

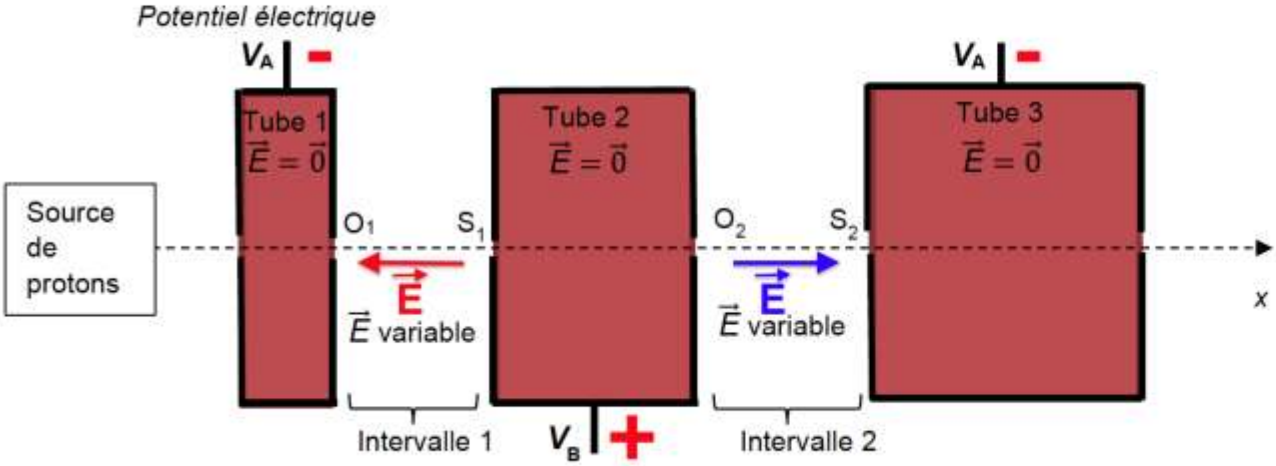


Figure 3. Schéma des deux premiers intervalles (l'échelle n'est pas respectée).

2.3.

Pour être accélérés de manière optimale dans chaque intervalle, il faut $\vec{E}$ soit dans le sens de l'axe Ox.

Pour l'intervalle 1 , $\vec{E}$ est dans le sens de l'axe Ox pour $t = \frac{T}{4}$ (Question 2.1.)

Pour l'intervalle 2 , $\vec{E}$ est dans le sens de l'axe Ox pour $t = \frac{3T}{4}$ (Question 2.2.)

Le temps pout traverser le tube est :

$$\Delta t = \frac{3T}{4} - \frac{T}{4}$$

$$\Delta t = \frac{2T}{4}$$

$$\Delta t = \frac{T}{2}$$

2.4.

Le temps entre chaque tube est $\Delta t = \frac{T}{2}$ (Question 2.3.).

Or le proton accélère dans chaque intervalle.

D'après le texte : « à l'intérieur des tubes le champ électrique est nul et donc que les particules s'y déplacent à vitesse constante »

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

$$d = v \times \Delta t$$

Δt est constant et v augmente a chaque intervalle ainsi d augmente à chaque tube.