

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**Session 2024**

## PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

### **Matériel autorisé**

L'usage de la calculatrice avec le mode examen activé est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez- vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

**Le candidat traite l'intégralité du sujet, qui se compose de **3 exercices**.**

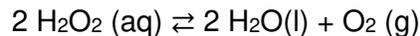
**Exercice 1 : Traitement de l'eau (10 points)**

Dans un élevage, l'eau de boisson des poules doit être constamment traitée. Elle doit être désinfectée tout au long de la chaîne de distribution, par exemple avec du peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$ , aussi appelé eau oxygénée.

Afin d'éviter le développement d'une flore intestinale pathogène et de servir de vermifuge, le  $\text{pH}$  de l'eau doit être constamment maintenu entre 5,5 et 6,5.

**Données :**

- Masse molaire du peroxyde d'hydrogène :  $M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Couples d'oxydoréduction mis en jeu :
  - $\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - $\text{O}_2 (\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq})$
  - $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$
- Réaction de dismutation du peroxyde d'hydrogène :



C'est une réaction spontanée mais lente à température ambiante, voire très lente à la température d'un réfrigérateur.

Le récipient contenant le peroxyde d'hydrogène doit être conservé à l'abri de la lumière afin de ne pas accélérer la réaction de dismutation.

- Valeurs de  $\text{p}K_{\text{A}}$  à 25 °C du couple acide-base associé :
  - au peroxyde d'hydrogène :  $\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) / \text{HO}_2^- (\text{aq})$   $\text{p}K_{\text{A}} = 11,7$
  - à l'acide acétique :  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 (\text{aq}) / \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^- (\text{aq})$   $\text{p}K_{\text{A}} = 4,8$
- Valeurs de la concentration standard  $C^0 = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

## **PARTIE A : Le traitement de l'eau de boisson d'un élevage industriel de poules**

L'oxydosane est un décontaminant et acidifiant des eaux de boisson pour animaux. Il est notamment utilisé dans les élevages de poules pondeuses.

C'est une solution composée notamment de peroxyde d'hydrogène. La concentration en masse en peroxyde d'hydrogène dans celle-ci est de  $248 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

### **Mode d'emploi (d'après le fabricant GEOSANE) :**

Norme 1 : Pour la désinfection et l'acidification (présence de poules dans l'élevage)

- Incorporer OXYDOSANE à raison de 100 mL à 200 mL pour un total de 1000 L d'eau.
- Dose à adapter en fonction du  $pH$  souhaité et de la désinfection nécessaire.

Norme 2 : Durant le vide sanitaire (absence de poules dans l'élevage)

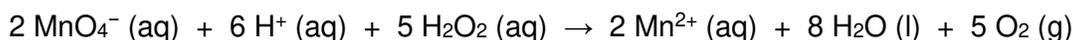
- Incorporer OXYDOSANE à raison de 2,00 L pour un total de 100 L d'eau.
- Temps de contact : au minimum 1 h.
- Faire suivre d'un long rinçage.

### **A. Décontamination de l'eau en fin de chaîne des abreuvoirs**

Afin de vérifier que l'eau de boisson de l'élevage est toujours désinfectée en fin de chaîne, l'éleveur prélève  $V_1 = 20,00 \pm 0,05 \text{ mL}$  de cette eau et décide de déterminer sa concentration  $c_1$  en quantité de matière de peroxyde d'oxygène  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Pour cela, il procède au titrage du peroxyde d'oxygène présent dans le volume  $V_1$  prélevé, par une solution de permanganate de potassium ( $\text{K}^+(\text{aq})$ ,  $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$ ) acidifiée de concentration en quantité de matière d'ions permanganate égale à  $[\text{MnO}_4^-]_i = c_0 = (1,00 \pm 0,04) \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :



Lors de ce titrage colorimétrique, le volume obtenu à l'équivalence est de  $V_{\text{éq}} = (6,60 \pm 0,05) \text{ mL}$ .

L'incertitude type  $u(c_1)$  sur la concentration  $c_1$  se calcule à l'aide de la formule :

$$u(c_1) = c_1 \sqrt{\left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_1)}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{u(c_0)}{c_0}\right)^2}$$

Couleur des espèces chimiques en solution :

Ion permanganate $\text{MnO}_4^-$	Ion hydrogène $\text{H}^+$	Peroxyde d'oxygène $\text{H}_2\text{O}_2$	Ion manganèse $\text{Mn}^{2+}$
Violette	Incolore	Incolore	Incolore

**A.1** Faire la liste du matériel nécessaire pour réaliser le titrage.

**A.2** Écrire les demi-équations électroniques mises en jeu lors du titrage permettant de retrouver l'équation de la réaction d'oxydo-réduction support du titrage.

**A.3** Définir l'équivalence du titrage et indiquer comment la repérer expérimentalement.

**A.4** Déterminer la valeur de la concentration  $c_1$  et de son incertitude type associée  $u(c_1)$ .

**A.5** Indiquer quelle norme, 1 ou 2, l'élèveur a suivi.

Le fabricant préconise de placer le bidon d'OXYDOSANE, une fois ouvert, dans un endroit sombre et frais. Il peut ainsi être conservé pendant un mois. Passé ce délai, la désinfection n'est plus garantie.

**A.6** Justifier le mode de conservation.

## **PARTIE B : Le traitement de l'eau de boisson des poules d'un particulier**

Un particulier possédant des poules doit aussi acidifier l'eau de boisson pour le bien-être et la bonne santé de ses poules. Le  $pH$  de cette eau doit être de 6 environ. Pour cela, il dilue du vinaigre dans de l'eau et obtient ainsi une solution aqueuse d'acide acétique de concentration en quantité de matière  $c_3 = 1,60 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

### **B.1. Étude de la formule de la molécule d'acide acétique**

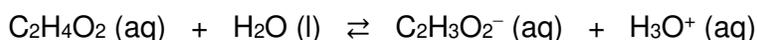
**B.1.1** Écrire la formule topologique de l'acide acétique.

**B.1.2** Entourer le groupe fonctionnel et nommer la famille à laquelle il appartient.

**B.1.3** Donner le nom de l'acide acétique dans la nomenclature internationale.

### **B.2. L'acide acétique en solution**

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre l'acide acétique et l'eau s'écrit :



**B.2.1** Représenter le diagramme de prédominance associé au couple  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 (\text{aq}) / \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^- (\text{aq})$ .

**B.2.2** Exprimer la constante d'acidité  $K_A$  du couple  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 (\text{aq}) / \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^- (\text{aq})$ .

**B.2.3** À partir de l'expression de la constante d'acidité  $K_A$ , retrouver la relation :

$$pH = pK_A + \log \left( \frac{[\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^- (\text{aq})]}{[\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 (\text{aq})]} \right)$$

**B.2.4** Calculer le  $pH$  réel de cette solution et vérifier si le particulier respecte la norme d'acidification pour l'eau de boisson de ses poules.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'est pas aboutie. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.*

## Exercice 2 : Du son (5 points)

La fête de la musique est un événement populaire, inscrit dans les grands rendez-vous de l'année. L'un de ses principes fondateurs est la spontanéité, ce qui a rendu l'édition 2021 particulièrement complexe à organiser en raison de la situation sanitaire.

La formule qui a été imaginée a permis d'éviter les attroupements : des chars ont été utilisés afin de réaliser des parcours en ville et venir offrir ainsi des aubades aux habitants, sous leurs fenêtres, sous leurs balcons, devant leurs jardins...



Source : fetedelamusique.culture.gouv.fr

Sur ces chars, des petits orchestres ou des DJ ont été installés.

Soucieux de bien appliquer la réglementation, un DJ s'interroge sur le réglage de sa sono. En effet, le bruit du tracteur va s'ajouter au son de sa musique et il craint de dépasser le niveau sonore maximal autorisé fixé à 102 dB suite à la parution d'un décret au journal officiel.

L'objectif de l'exercice est de voir si le DJ doit adapter le réglage de sa sono ou s'il peut l'utiliser sans modification.

### Données :

- Le niveau d'intensité sonore de la sono est réglé à  $L_1 = 100$  dB à une distance de 2 m de celle-ci lors des concerts traditionnels, c'est-à-dire sans tracteur.
- L'intensité sonore du tracteur utilisé vaut  $I_2 = 1,00 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  à 2 m du tracteur.
- L'intensité sonore de référence :  $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

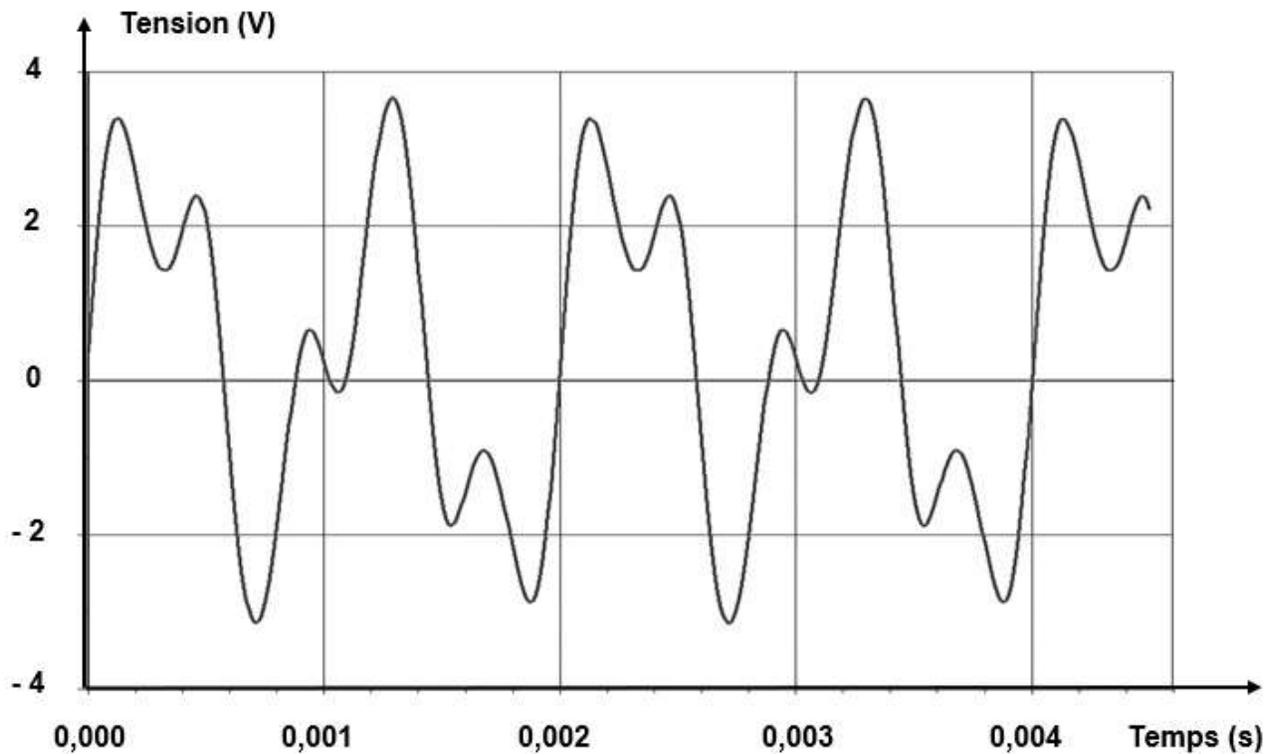
### Partie A : Étude de quelques niveaux d'intensité sonores

- A.1.1.** Exprimer l'intensité sonore  $I_1$  de la sono réglée pour les concerts traditionnels en fonction de  $L_1$ .
- A.1.2.** Vérifier que  $I_1$  est égale à  $1,00 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .
- A.2.** Calculer l'intensité sonore  $I_{\text{tot}}$  émise par l'ensemble {tracteur + sono}.
- A.3.** En déduire le niveau d'intensité sonore  $L_{\text{tot}}$  correspondant à  $I_{\text{tot}}$ .
- A.4.** Indiquer, en justifiant, si le DJ a besoin de faire de nouveaux réglages de sa sono pour cette fête de la musique si particulière.
- A.5.** Préciser, sans calcul, si un spectateur situé sur le trottoir à 10 m de la source {tracteur + sono} perçoit un niveau sonore supérieur, égal ou inférieur à  $L_{\text{tot}}$ . Justifier.
- A.6.** Répondre à la même question que précédemment pour un habitant, situé à 2 m de la source {tracteur + sono}, qui regarde passer le char derrière la fenêtre fermée de sa cuisine.

### Partie B : Étude d'un solo de trompette

Le DJ diffuse un solo de trompette.

Un spectateur enregistre une note de ce solo de trompette lorsque le char s'arrête devant lui (le moteur du tracteur est alors à l'arrêt). Il obtient, après traitement, l'enregistrement ci-dessous.

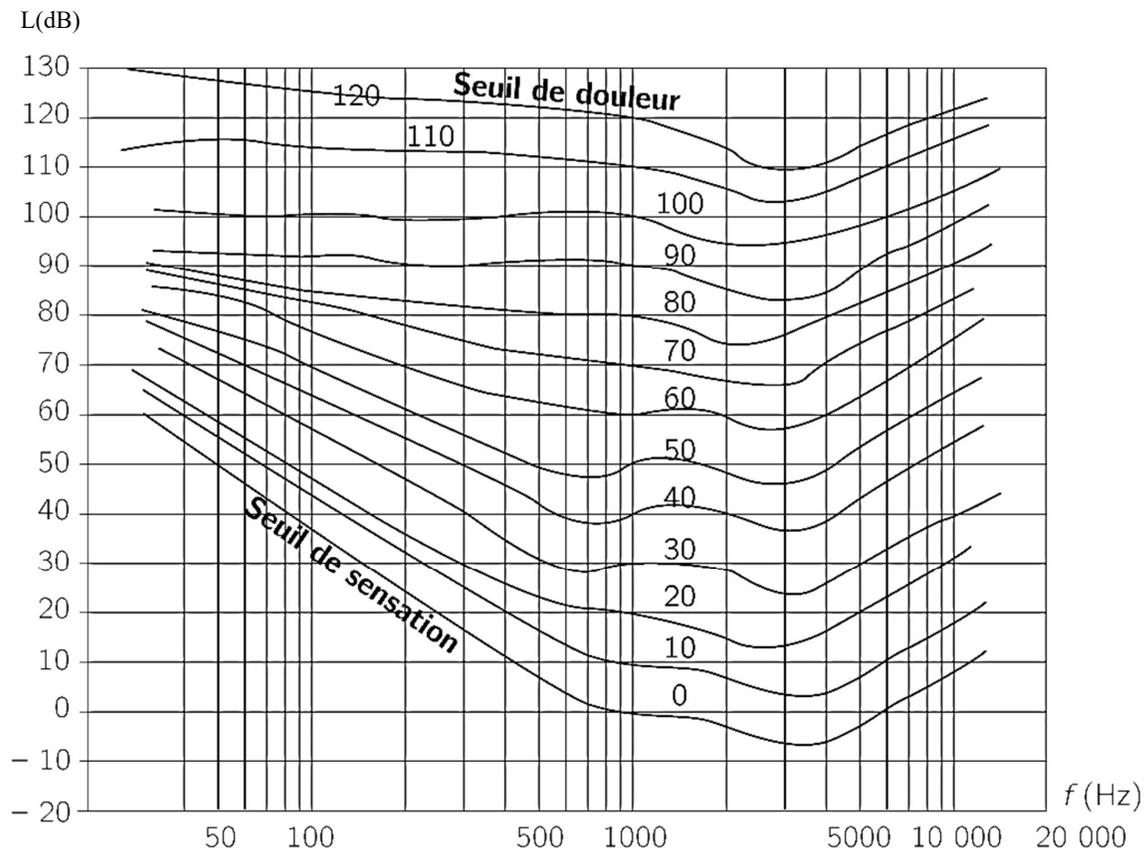


**Figure 1** : Enregistrement de la note jouée par le trompettiste.

**B.1.** À partir de la **figure 1**, déterminer la fréquence  $f$  de la note émise par le trompettiste en explicitant la démarche.

Le DJ s'intéresse à la sensibilité de l'oreille humaine normale en fonction de la fréquence et du niveau d'intensité sonore, illustrée par le diagramme de FLETCHER et MUNSON de la **figure 2**

Ce diagramme représente des courbes de même perception des sons par une oreille humaine normale (courbes isosoniques).



**Figure 2** : Diagramme de FLETCHER et MUNSON

Source : [fr.wikipedia.org/wiki/Courbe\\_isosonique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Courbe_isosonique)

**B.2.** Indiquer, en justifiant, si le seuil de douleur est atteint pour un spectateur placé à 2 m du char, lorsque la note de fréquence  $f$  émise par le trompettiste est diffusée.

### Exercice 3 : Cyclotron (5 points)

Le cyclotron isochrone Medicyc de Nice, est un accélérateur de particules pionnier dans le traitement des cancers par protonthérapie.

Cette technique de médecine nucléaire très précise, accélère des protons leur permettant d'atteindre à leur sortie, une énergie cinétique suffisante pour pénétrer l'œil jusqu'à la rétine comme représenté sur la figure 1.

Ils déposent alors avec précision cette grande quantité d'énergie sur la tumeur rétinienne cible qui est détruite, tout en épargnant les tissus sains et le nerf optique. La vue du patient est sauvée !

Sources : Dans l'œil du cyclotron-Pierre Mandrillon 2016

L'objectif de cet exercice est de décrire le mouvement d'un proton dans les différentes zones du cyclotron.

#### Données

- Un cyclotron est constitué des zones B et C qui sont des cavités semi-circulaires de rayon  $R_{max} = 69$  cm, séparées par un intervalle étroit qui correspond à la zone A.
- Un cyclotron est un accélérateur de particules qui utilise l'action successive d'un champ électrique  $\vec{E}$  (dans la zone A) et d'un champ magnétique  $\vec{B}$  (dans les zones B et C).

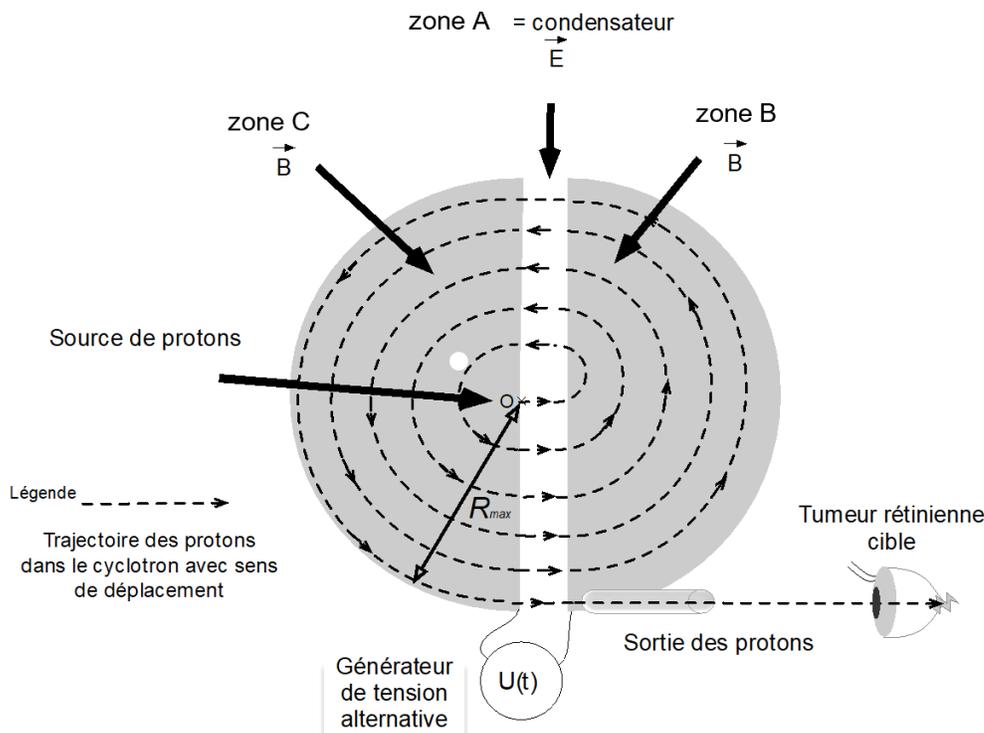


Figure 1. Vue de dessus des zones du cyclotron.

Dans le cadre de l'exercice on supposera que le proton étudié est injecté au point O sans vitesse initiale, et suit les lois de Newton.

### Mouvement du proton dans la zone A de O à M<sub>1</sub>.

La zone A, est modélisée par un condensateur plan alimenté par une tension  $U(t)$  alternative, figure 2.

Il y règne un champ électrique  $\vec{E}$  uniforme, qui a pour valeur :

$$E = \frac{|U|}{d}$$

À  $t = 0$ , un proton entre dans la zone A, en O, sans vitesse initiale.

Il arrive sur l'autre armature en M<sub>1</sub>, avec une vitesse de valeur  $v_1$ .

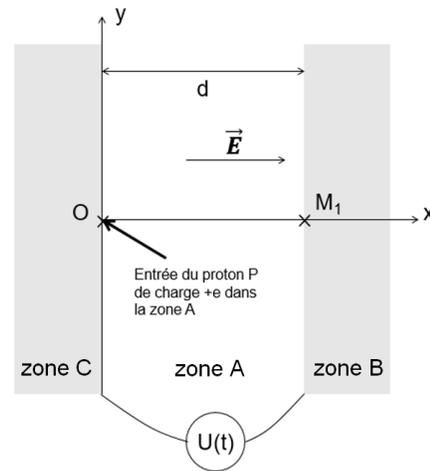


Figure 2. Modélisation de la zone A du cyclotron par un condensateur plan.

#### Données :

- Charge électrique du proton :  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C ;
- Le poids du proton est négligeable devant la force électrique ;
- Masse du proton :  $m = 1,67 \times 10^{-27}$  kg ;
- La largeur de la zone A est :  $d = 1,0$  cm ;
- Le repère d'étude dans la zone A est le repère  $(O, x, y)$  ;
- Unité d'énergie :  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$  J ;
- Tension appliquée dans la zone A :  $U = 50$  kV.

**Q1.** En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer l'expression du vecteur accélération  $\vec{a}$  du proton dans la zone A, en fonction de  $e$ ,  $m$  et  $\vec{E}$ , et en déduire ses caractéristiques : direction, sens et valeur. Conclure quant à la nature du mouvement du proton dans la zone A.

**Q2.** Établir la coordonnée  $v_x(t)$  du proton dans le repère  $(O, x, y)$  et montrer, avec la méthode de votre choix, que la valeur du vecteur vitesse  $\vec{v}_1$  du proton au point M<sub>1</sub>, a pour expression :  $v_1 = v_x(t_1) = \sqrt{\frac{2e \cdot U}{m}}$ .

**Q3.** En déduire les caractéristiques, direction, sens et valeur, du vecteur vitesse  $\vec{v}_1$  au point M<sub>1</sub>.

### Mouvement du proton dans la zone B de M<sub>1</sub> à N<sub>1</sub>.

Le proton atteint la zone B au point M<sub>1</sub>, avec la vitesse  $\vec{v}_1$  où règne uniquement un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme, figure 3. Il est soumis à une force magnétique  $\vec{F}_m$  ainsi qu'à son poids.

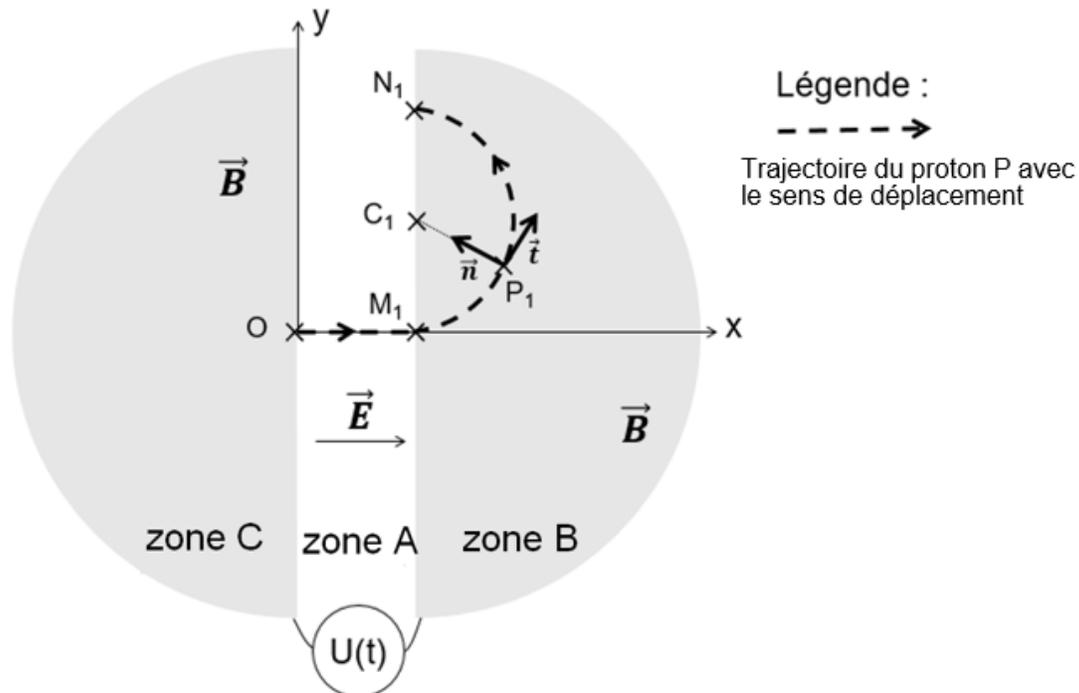


Figure 3. Trajectoire du proton dans les zones A et B du cyclotron.

#### Données

- La trajectoire du proton dans la zone B est circulaire, il parcourt un demi-cercle de rayon :  $R_1 = C_1P_1 = 1,9 \text{ cm}$  ;
- Le repère d'étude pour la zone B est le repère de Frenet  $(P_1, \vec{t}, \vec{n})$  ;
- Force du champ magnétique uniforme sur le proton :  $\vec{F}_m = (e \cdot v \cdot B) \vec{n}$  où  $\vec{n}$  est le vecteur du repère de Frenet  $(P_1, \vec{t}, \vec{n})$  ;
- Vecteur accélération dans la base de Frenet :  $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{R} \vec{n}$  ;
- Masse du proton :  $m = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  ;
- Dans la zone B, le champ magnétique a une valeur constante :  $B = 1,7 \text{ T}$  où T est le symbole du tesla, unité de champ magnétique ;
- On néglige le poids du proton devant la force magnétique.

**Q4.** En utilisant la deuxième loi de Newton, établir l'expression littérale du vecteur accélération  $\vec{a}$  du proton en  $P_1$  et donner ses caractéristiques : direction et sens.

**Q5.** Montrer que le mouvement circulaire du proton est uniforme et établir que l'expression de la valeur de sa vitesse est :  $v = \frac{eR_1B}{m}$ .

**Q6.** Calculer la valeur de la vitesse  $v$  et expliquer pourquoi on retrouve la valeur  $v_1$  de la question Q3.

### Retour du proton dans la zone A puis entrée dans la zone C.

Le proton quitte la zone B et revient dans la zone A en  $N_1$ . Pendant que le proton était dans la zone B, le signe de la tension  $U(t)$  a changé pour inverser le sens du champ  $\vec{E}$ , ce qui lui permet de subir une nouvelle accélération jusqu'au point  $M_2$ . Il entre dans la zone C, où il décrit un demi-cercle de rayon  $C_2P_2 = R_2$  tel que :  $R_2 > R_1$ , pour en ressortir en  $N_2$ , figure 4.

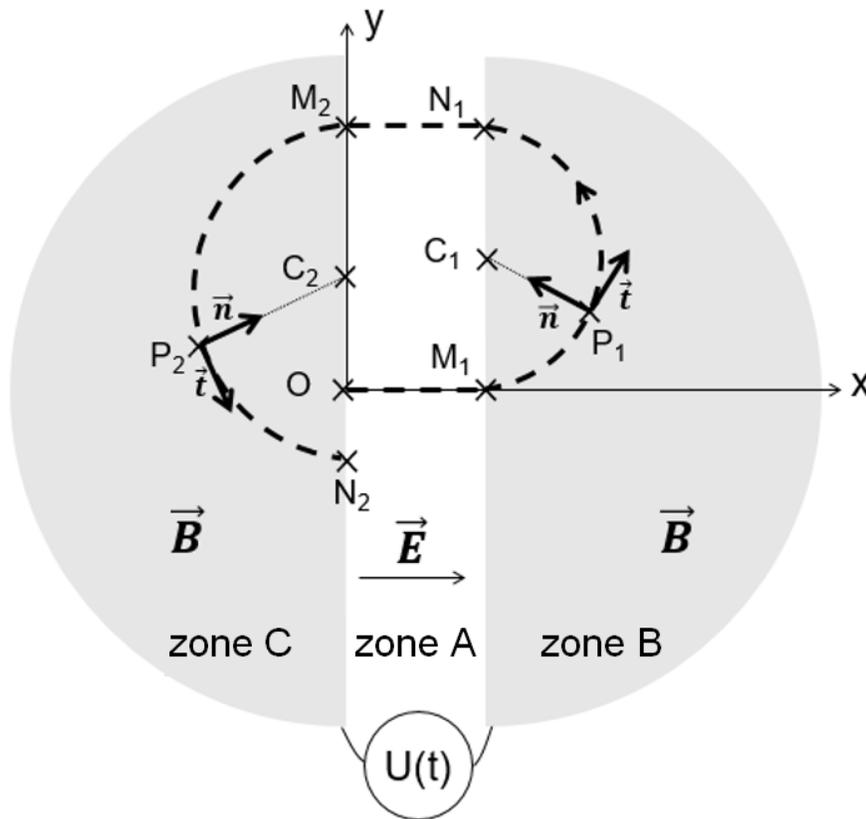


Figure 4. Trajectoire du proton pour un tour dans le cyclotron.

La figure 5 représente la valeur de la vitesse du proton en fonction du temps, lorsqu'il parcourt un tour dans le cyclotron : du point O, au point N<sub>2</sub>.

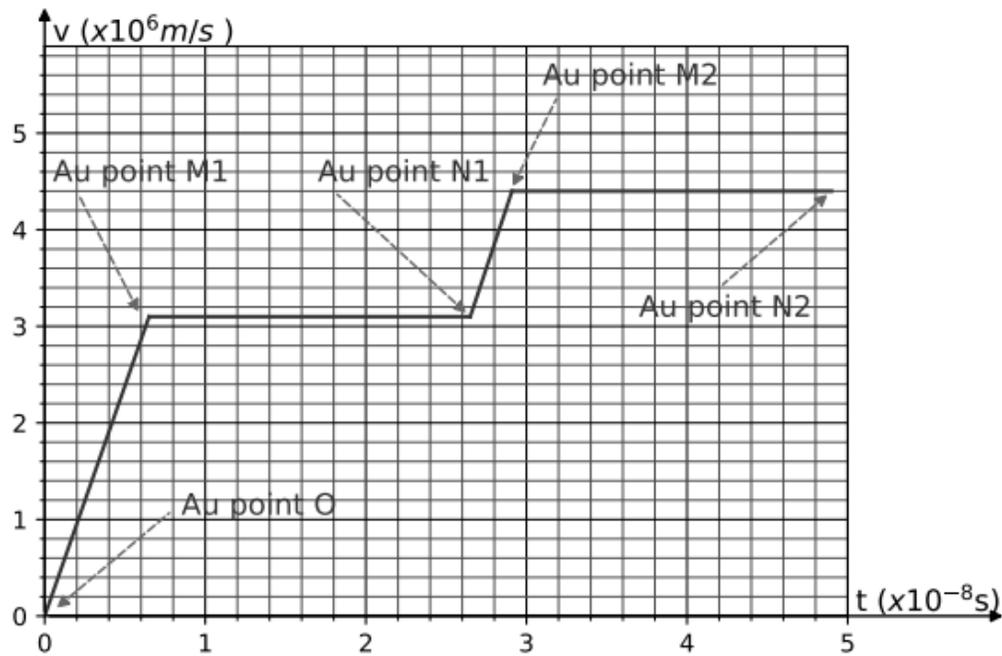


Figure 5. Valeur de la vitesse  $v$  du proton en fonction du temps.

**Données :**

- Les repères d'étude sont : le repère orthonormé  $(O, x, y)$  pour la zone A et le repère local de Frenet  $(P, \vec{t}, \vec{n})$  pour les zones B et C avec P le centre du proton ;
- Zone C : Rayon de la trajectoire circulaire:  $R_2 = C_2P_2 = 3,9 \text{ cm}$ .

**Q7.** Déterminer à l'aide des figures 4 et 5 la valeur du vecteur accélération :

- Entre les points N<sub>1</sub> et M<sub>2</sub> : retour dans la zone A, la valeur du vecteur accélération sera notée  $a_A$  ;
- Entre les points M<sub>2</sub> et N<sub>2</sub> : passage dans la zone C, la valeur du vecteur accélération sera notée  $a_C$ .