BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

PHYSIQUE-CHIMIE

SUJET ZÉRO

Durée de l'épreuve : **3 heures et 30 minutes**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé..

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16.

Le candidat traite 3 exercices : l'exercice 1, puis il choisit 2 exercices parmi les 3 (A, B et C) proposés.

EXERCICE 1 commun à tous les candidats (10 points)

Dépolluer une eau avec des carapaces de crevettes

La chitine, polymère extrait des carapaces des crustacés et animaux à coquilles, a été découverte en 1811, mais ce n'est qu'à partir des années 1970 qu'elle a suscité un réel intérêt. En effet, après divers traitements, notamment avec de la soude, elle est transformée en chitosane, espèce chimique qui a de nombreuses applications aux niveaux pharmaceutique, biomédical, agricole et environnemental. L'utilisation de la chitine est par conséquent une façon de valoriser les déchets des conserveries de crustacés.

D'après le *BUP* n° 904 - *Dépolluer une eau avec des carapaces de crevettes ?*

L'objectif de cet exercice est d'étudier la transformation de la chitine en chitosane puis d'analyser l'action du chitosane pour le traitement d'une eau polluée par des ions métalliques.

1. De la chitine au chitosane

Données

- Masse molaire atomique en g·mol^{-1} : M(H) = 1,0 ; M(O) = 16,0.
- Masse molaire moléculaire du motif de la chitine : 203 g·mol^{-1}.
- Masse molaire moléculaire du motif du chitosane : 159 g·mol^{-1}.

La formule topologique d'une macromolécule de chitine est représentée ci-dessous. Le nombre de motifs varie selon la longueur de la chaîne. Par souci de simplification, le choix a été fait de représenter dans cet exercice une macromolécule composée uniquement de quatre motifs.

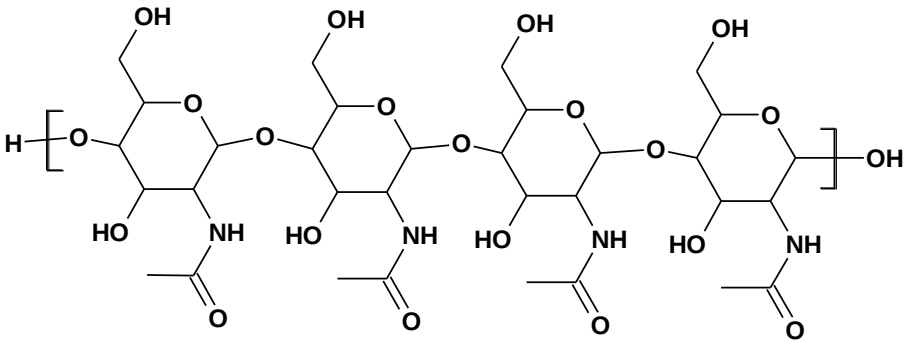


Figure 1 : Formule topologique de la chitine à quatre motifs.

1.1. Indiquer si la chitine est un polymère naturel ou artificiel, justifier. Même question pour le chitosane.

1.2. Entourer, sur la figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE,** le motif de la chitine.

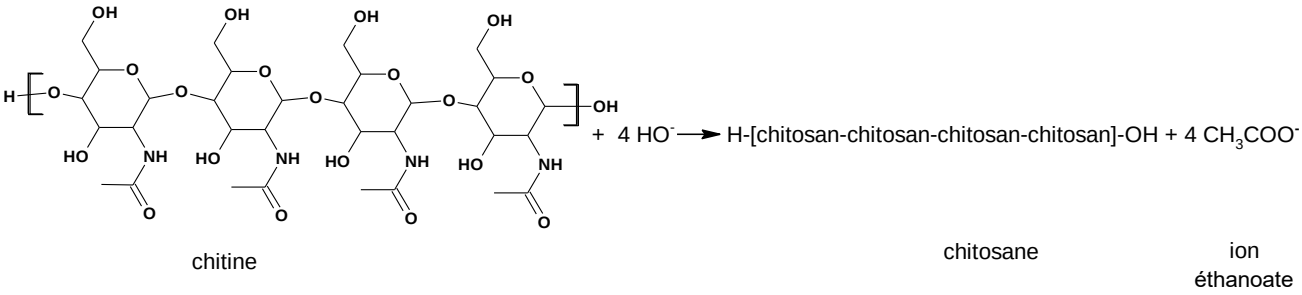
2. Un protocole expérimental pour synthétiser le chitosane à partir de la chitine :

- introduire 8,0 g de chitine dans un ballon de 250 mL et ajouter 100 mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium très concentrée ;
- chauffer à reflux pendant une heure ;
- filtrer sur Büchner puis rincer avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'un pH neutre pour le filtrat ;
- sécher et peser le solide obtenu.

À l'issue de cette synthèse, 4,0 g de chitosane (solide blanc) sont obtenus.

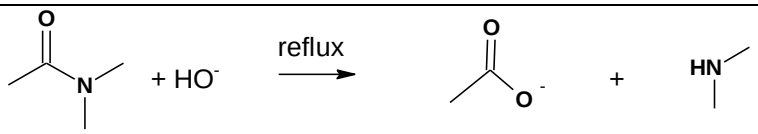
On considère que le chitosane obtenu résulte de la transformation de l'ensemble des motifs de la chitine.

Cette transformation peut être modélisée par la réaction suivante :



chitine — chitosane — ion éthanoate

La macromolécule de chitosane est notée H-[chitosan-chitosan-chitosan-chitosan]-OH où chitosan représente le motif du chitosane, celui-ci étant répété 4 fois.
Un extrait d'une banque de réactions est présenté ci-dessous.

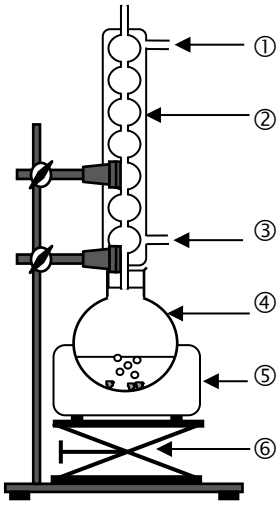
Famille de réactifs	Exemple de transformation
Famille des amides	

Dans les conditions expérimentales décrites précédemment, un seul groupe caractéristique du motif de la chitine est modifié lors de la synthèse du chitosane.

2.1. Représenter la formule topologique du motif du chitosane.

2.2. Nommer la famille fonctionnelle correspondant au groupe caractéristique formé dans le chitosane lors de la transformation de la chitine en chitosane.

Le montage du chauffage à reflux est schématisé ci-dessous :



2.3. Après avoir expliqué l'intérêt d'utiliser un montage à reflux, nommer sur la copie les éléments du montage numérotés de ① à ⑥.

2.4. Définir et calculer le rendement de la synthèse, sachant que les ions hydroxyde OH^- sont introduits en excès.

3. Du chitosane pour dépolluer

Le chitosane est utilisé comme un agent de dépollution de solutions aqueuses contenant des ions métalliques comme, par exemple, les ions $Cu^{2+}(aq)$. Le chitosane peut établir des liaisons avec les ions Cu^{2+} pour former une espèce chimique appelée complexe et notée $[Cu(chitosane)]^{2+}$ dans la suite de l'exercice.

$[Cu(chitosane)]^{2+}$ forme un précipité avec les ions sulfate et peut être ainsi séparée du reste de la solution, ce qui permet l'élimination des ions Cu^{2+} (aq) liés au chitosane.

La transformation chimique, appelée complexation, peut être modélisée par la réaction d'équation suivante :

$$Cu^{2+}(aq) + \text{chitosane} \longrightarrow [Cu(chitosane)]^{2+}$$

La détermination du taux d'avancement final de cette transformation permet d'évaluer l'efficacité de la dépollution.

L'objectif de cette partie est d'obtenir une estimation de l'efficacité dans le cas où la solution à dépolluer est une solution aqueuse de sulfate de cuivre(II) (Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)).

Le protocole de traitement des ions cuivre(II) est le suivant :

- introduire 1,5 g de chitosane solide dans un bécher contenant 40 mL d'une solution aqueuse S_0 de sulfate de cuivre(II) (Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)) de concentration C_0 = 0,10 mol·L^{-1}. Dans ces conditions, le chitosane est en excès ;
- agiter 30 minutes ;
- filtrer ;
- mesurer l'absorbance du filtrat.

La concentration finale C_f des ions Cu^{2+}(aq) dans le filtrat est déterminée grâce à un dosage par étalonnage.

Préparation de la gamme de solutions étalons

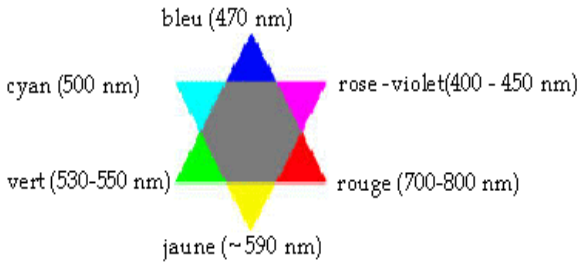
Les solutions filles, notées F1, F2, F3, F4, F5 et F6, sont obtenues par dilution d'une solution mère S de sulfate de cuivre(II) (Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)) de concentration C_S = 0,50 mol·L^{-1}. L'absorbance A des six solutions est mesurée à une longueur d'onde de 790 nm. Parmi les espèces chimiques présentes dans les solutions, Cu^{2+}(aq) est la seule espèce qui absorbe à cette longueur d'onde.

Résultats expérimentaux

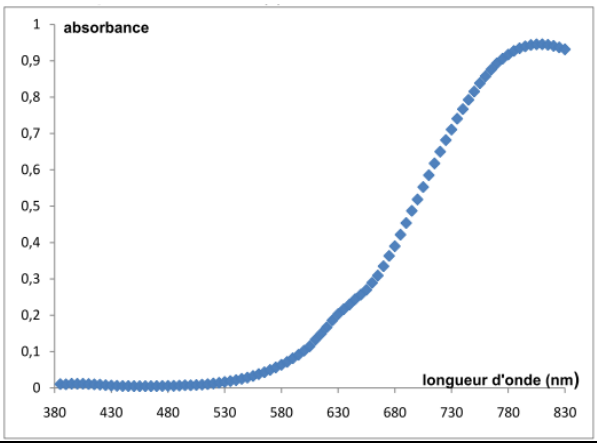
Solution	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Filtrat
Concentration en Cu^{2+} en mol·L^{-1}	0,10	0,050	0,040	0,030	0,020	0,010	C_f
A	1,13	0,58	0,44	0,34	0,23	0,11	0,30

Données

➢ Cercle chromatique



➢ Spectre d'absorption d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre(II)



3.1. Indiquer la couleur d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre(II). Justifier.

3.2. Décrire un protocole de dilution permettant d'obtenir 10,0 mL de la solution F1 à partir de la solution S.

3.3. Montrer que le taux d'avancement final de la complexation des ions Cu^{2+}(aq) par le chitosane est égal à 0,73. Conclure sur l'efficacité de ce protocole de dépollution par le chitosane et proposer, le cas échéant, une méthode pour améliorer cette efficacité.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite d'être clairement présentée.

4. Étude cinétique de la complexation des ions Cu^{2+}(aq) par le chitosane.

On souhaite modéliser l'évolution de la concentration des ions Cu^{2+}(aq) au cours du temps lors de leur complexation par le chitosane. Pour cela, à la date *t* = 0 min, on introduit un film de chitosane dans une solution aqueuse de sulfate de cuivre(II) (Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)). La concentration *C* des ions Cu^{2+}(aq) dans le milieu est déterminée à différentes dates.

4.1. Définir la vitesse volumique de consommation des ions Cu^{2+}(aq).

L'évolution temporelle de la concentration *C* des ions Cu^{2+}(aq) est représentée sur la figure 2 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

4.2. Estimer la valeur de la vitesse volumique de consommation des ions Cu^{2+}(aq) à la date t = 10 min par une construction graphique sur la figure 2 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

4.3. Décrire l'évolution de la vitesse volumique de consommation des ions Cu^{2+}(aq) au cours du temps. Proposer un facteur cinétique à l'origine de cette évolution. Justifier.

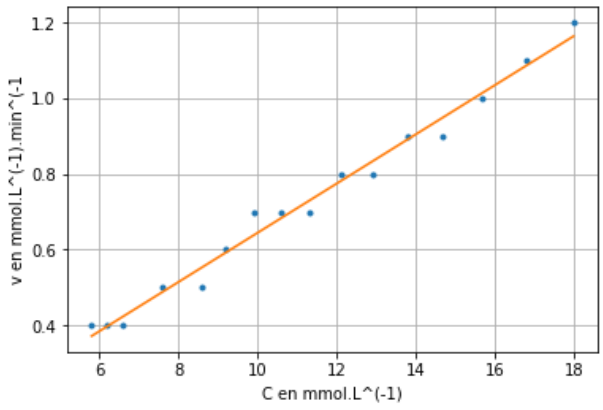
On souhaite savoir si l'évolution de la vitesse volumique de consommation des ions Cu^{2+}(aq) peut être modélisée par une loi d'ordre 1. Pour cela, on rédige un programme en langage python qui permet de calculer les vitesses volumiques de consommation des ions Cu^{2+}(aq) aux différentes dates, puis de représenter l'évolution de cette vitesse en fonction de la concentration en ions Cu^{2+}(aq).

```
# Listes des valeurs expérimentales temps en min et concentration C en ions Cu2+(aq) en mmolL-1
t=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,15,16,17,18]
C=[18.0,16.8,15.7,14.7,13.8,12.9,12.1,11.3,10.6,9.9,9.2,8.6,7.6,6.6,6.2,5.8,5.4]

v=[]
t2=[]
i=0
while i<len(t)-1 :
    t2.append(t[i])
    v.append(-(C[i+1]-C[i])/(t[i+1]-t[i]))
    i=i+1
```

Figure 4 : Extrait du programme rédigé en langage python.

Une partie du programme non reproduite ci-dessus permet de modéliser les résultats obtenus par une fonction affine.




```
l'équation de la droite affine modélisant le nuage de points est :
v = 0.065 C -0.005
```

Figure 5. Évolution de la vitesse volumique de consommation des ions Cu^{2+} (aq) en fonction de la concentration *C* en Cu^{2+}(aq) et sa modélisation par une fonction affine.

4.4. Expliquer, en s'appuyant sur l'extrait de programme proposé, pourquoi le calcul des vitesses volumiques de consommation des ions Cu^{2+} (aq) aux différentes dates, réalisé par ce programme, est une valeur approchée.

4.5. Indiquer si la complexation des ions Cu^{2+}(aq) peut être modélisée par une loi d'ordre 1. Justifier.

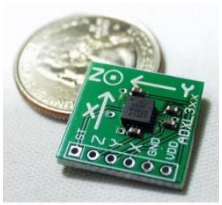
EXERCICES au choix du candidat (5 points chacun)

Vous indiquerez sur votre copie **les 2 exercices choisis** : exercice A ou exercice B ou exercice C

EXERCICE A – Un microaccéléromètre capacitif (5 points)

Mots clés : accélération, condensateur, circuit RC série.

Un type d'accéléromètre, comportant un micro-capteur capacitif, est utilisé dans des smartphones, des drones ou même dans des prothèses auditives implantées dans l'oreille interne. On peut modéliser certains de ces accéléromètres par une série de condensateurs plans dont les capacités varient en fonction de l'accélération que subit le capteur.



Accéléromètre ADXL330
Source : Robotkraft.

La première partie de l'exercice porte sur l'étude d'un microaccéléromètre capacitif. Dans la seconde partie, un dispositif expérimental capacitif est étudié.

Données

- Permittivité diélectrique de l'air ε_{air}= 8,9 × 10^{-12} F·m^{-1}.
- La capacité C d'un condensateur plan idéal s'exprime en fonction de l'écart d entre les armatures, de la surface S des armatures en regard et de la permittivité diélectrique ε du milieu situé entre les armatures. Son expression est : $C = \varepsilon \frac{S}{d}$.

1. Fonctionnement d'un accéléromètre capacitif

L'accéléromètre capacitif ADXL330 est modélisé par un ensemble de condensateurs plans. Lorsque ce capteur est soumis à une accélération, la géométrie des condensateurs change, ce qui provoque la variation de leurs capacités ; l'accélération est déduite de la valeur de la capacité de l'ensemble à l'aide d'un étalonnage.

1.1. Un dispositif ultra miniaturisé

L'accéléromètre étudié est composé d'une partie mobile qui peut se déplacer par rapport au support le long de l'axe de mesure XX' (voir figure 1). La partie mobile et le support forment deux peignes enchevêtrés l'un dans l'autre. La partie mobile, appelée masse mobile, est reliée au support par deux barres flexibles qui jouent le rôle de ressorts. Les tiges des peignes qui sont en regard les unes des autres constituent les armatures d'un ensemble de condensateurs plans élémentaires. Ce dispositif est extrêmement miniaturisé : sa taille typique est de l'ordre de quelques millimètres et son épaisseur de l'ordre de 1 µm.

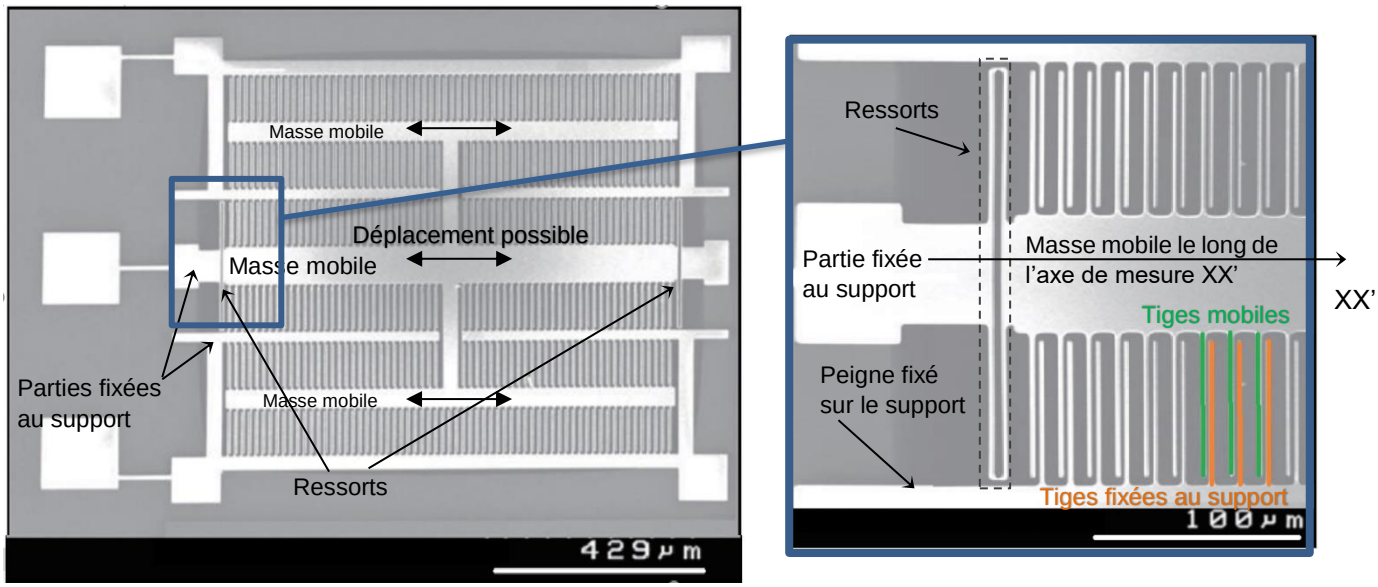


Figure 1. Images au microscope électronique à balayage de l'accéléromètre ADXL330 (le support apparaît en gris et le dispositif en relief apparaît en blanc).
Source « A MEMS Capacity Accelerometer middle ear » M.A. Zurcher.

Si le support subit une accélération dans le référentiel terrestre, alors la masse mobile se déplace par rapport au support. Les peignes en regard se décalent, faisant varier ainsi les valeurs des capacités des condensateurs élémentaires, comme illustré sur la figure 2.

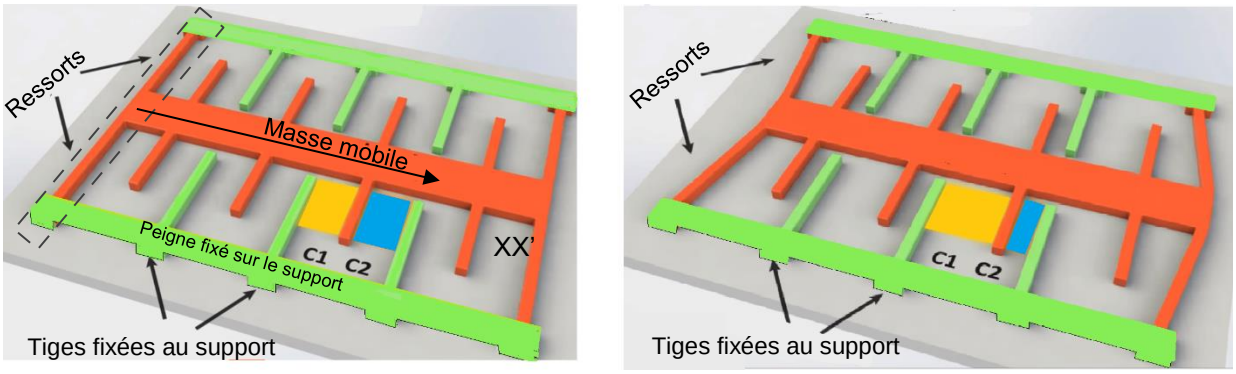


Schéma (a) Schéma (b)

(b) Support n'étant pas soumis à une accélération : les deux condensateurs élémentaires ont la même capacité $C_1 = C_2 = C_0$

(c) Support soumis à une accélération : $C_1 \neq C_2$

Figure 2. Modélisation du capteur par une série de condensateurs plans élémentaires
Source: D'après « How MEMS Accelerometer Gyroscope Magnetometer Work » (you tube)

1.1.1. En utilisant les images prises au microscope électronique, évaluer l'ordre de grandeur de la distance entre deux tiges successives du peigne fixé au support.

1.1.2. En déduire une estimation de l'ordre de grandeur de la capacité C_0 d'un condensateur élémentaire lorsque le support n'est soumis à aucune accélération, sachant que l'on considère que le milieu situé entre les armatures est l'air et que le condensateur élémentaire est un condensateur plan idéal dont la surface des armatures en regard vaut 65 µm^2. Comparer aux ordres de grandeur des valeurs usuelles de capacités.

1.1.3. Dans la configuration du schéma (b) de la figure 2, comparer les valeurs des capacités C_1 et C_2. Justifier.

1.2. Une mesure d'accélération

La tension électrique de sortie U_S délivrée par l'accéléromètre capacitif est une fonction affine de la valeur de la coordonnée a_x du vecteur accélération du capteur suivant l'axe de mesure XX' : $U_S = U_0 + B \times a_x$.

Pour l'accéléromètre ADXL330, U_0 = 1,50 V est la tension électrique lorsque le capteur n'est soumis à aucune accélération et B = 0,0306 V·m^{-1}·s^2 est la sensibilité du capteur. Ce capteur est embarqué dans un drone en mouvement rectiligne horizontal. Le drone accélère le long de l'axe de mesure XX' du capteur. À l'instant de la mesure, la tension électrique de sortie de l'accéléromètre capacitif est de 2,02 V.

Comparer la valeur de l'accélération du drone à celle de l'accélération moyenne d'une moto qui passe d'une vitesse nulle à une vitesse de 100 km·h^{-1} en 3 s. Commenter.

2. Méthode de détermination de l'écart entre les armatures par mesure de la capacité

L'objectif de l'expérience suivante est d'illustrer une méthode pour déterminer l'écart entre les armatures d'un condensateur par mesure de sa capacité.

Deux feuilles d'aluminium de forme carrée et de 25 cm de côté sont séparées par un film de polyéthylène (film alimentaire). On réalise le montage électrique ci-après. Les mesures de tensions sont réalisées à l'aide d'un microcontrôleur.



Figure 3a. Photo du dispositif expérimental

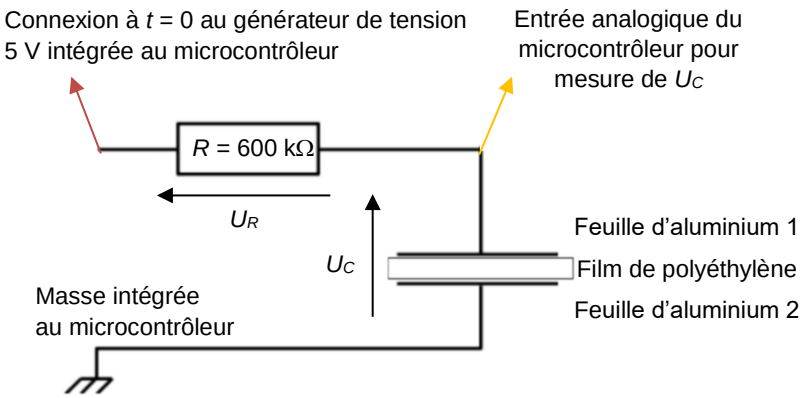


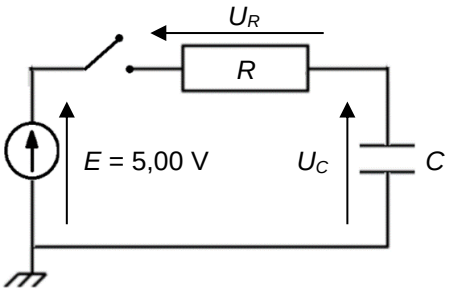
Figure 3b. Schéma électrique équivalent

Données

- Permittivité diélectrique du polyéthylène ε_{PE}= 19×10^{-12} F·m^{-1}.
- Épaisseur usuelle d'un film alimentaire en polyéthylène : 10 µm.

Modélisation du dispositif par un circuit RC

On modélise le dispositif expérimental par un circuit RC idéal. Le schéma électrique équivalent du dispositif est représenté ci-contre. Initialement, le condensateur est déchargé. À t = 0, l'interrupteur est fermé. Le condensateur commence à se charger.



2.1. Indiquer le signe des charges qui s'accumulent sur chaque feuille d'aluminium.

2.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension U_C aux bornes du condensateur dans le circuit RC idéal, où C désigne la capacité du condensateur et R la résistance du conducteur ohmique du circuit électrique.

Pour la condition initiale $U_C(t = 0)$ = 0,00 V, la solution de l'équation différentielle est : $U_C(t) = E(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ avec τ = RC.

2.3. Déterminer la valeur limite atteinte par U_C lorsque $t >> \tau$. Commenter.

À l'aide du microcontrôleur, la tension électrique aux bornes des armatures en aluminium U_C est mesurée au cours du temps pour deux valeurs de résistances différentes R = 600 kΩ et R = 300 kΩ. Ses évolutions au cours du temps sont représentées ci-dessous :

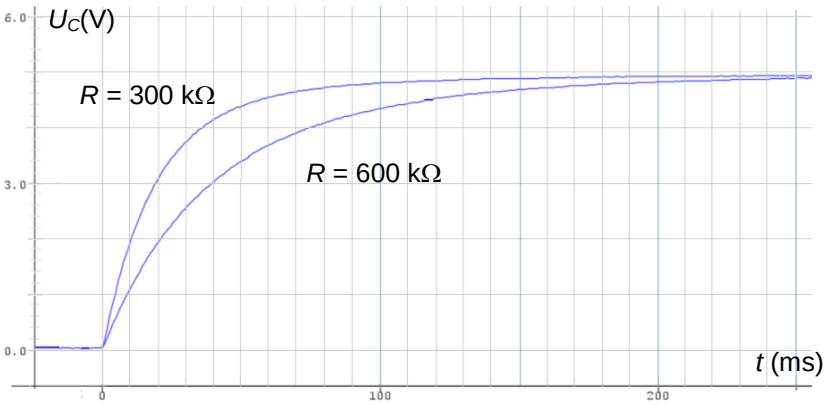


Figure 4. Évolutions de la tension électrique U_C au cours du temps mesurée par le microcontrôleur pour deux valeurs de résistances R.

2.4. Expliquer qualitativement comment il est possible de déterminer l'écart entre les feuilles d'aluminium à partir de ces résultats.

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

Mots clés : mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme, accélérateur de particules chargées.

L'accélérateur linéaire « Linac2 » permet de communiquer une vitesse importante aux protons que les chercheurs utilisent ensuite dans les expériences menées au laboratoire européen pour la physique des particules (CERN) afin d'explorer la structure de la matière. Les protons, initialement au repos, atteignent l'énergie de 50 MeV à la sortie de l'accélérateur. Ils pénètrent alors dans le « Synchrotron injecteur », le maillon suivant de la suite d'accélérateurs du CERN, qui les porte à une énergie encore plus élevée.



D'après : https://home.cern/fr/science/accelerators/linear-accelerator-2 .

Données

- Charge du proton : $e = 1{,}6\times10^{-19}$ C.
- Masse du proton : $m_p = 1{,}67\times10^{-27}$ kg.
- Champ de pesanteur terrestre : $g = 9{,}81$ m·s^{-2}.
- 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J.
- 1 MV = 10^6 V.

« Linac2 » est un accélérateur linéaire dans lequel les protons passent par une succession de zones modélisables par des condensateurs plans et où règne un champ électrique et de zones où ne règne aucun champ électrique. Dans une première partie, l'étude porte sur l'accélération initiale des protons par un condensateur plan, puis dans une seconde partie, sur le principe des accélérations successives des protons dans le « Linac2 ».

1. Accélération initiale des protons dans un premier condensateur plan

Un proton entre dans le condensateur plan avec une vitesse initiale nulle en O (figure 1). Une tension électrique positive $U = V_1 - V_2$ est appliquée entre les plaques du condensateur séparées d'une distance d.

Le champ électrique $\vec{E}$ créé entre les plaques est supposé uniforme, dirigé dans le sens de l'axe Ox et de norme $E = \frac{U}{d}$.

Les plaques sont percées en O et S pour laisser passer les protons.

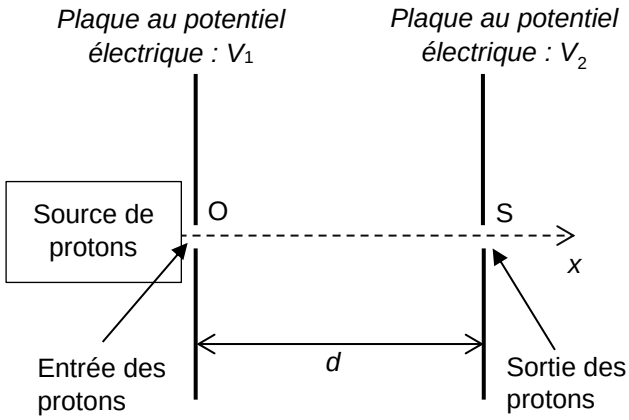


Figure 1. Schéma du condensateur plan

Caractéristiques du condensateur :

- distance entre les plaques : $d = 10{,}0$ cm ;
- tension électrique appliquée : $U = V_1 - V_2 = 2{,}00$ MV.

Le mouvement du proton dans le condensateur est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

1.1. Représenter, sur le document de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE,** le vecteur champ électrique $\vec{E}$ au point M. Échelle : 1 cm représente 10 MV·m^{-1}.

1.2. Comparer la valeur du poids d'un proton avec celle de la force électrique à laquelle il est soumis à l'intérieur du condensateur. Conclure.

1.3. Déterminer l'expression du vecteur accélération du proton $\vec{a}$ en fonction de m_p, e, $\vec{E}$. En déduire la nature de son mouvement dans le condensateur.

1.4. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la variation d'énergie cinétique du proton entre le point d'entrée O et le point de sortie S du condensateur est égale à :

$$E_C(S) - E_C(O) = eU.$$

1.5. En déduire l'expression de la vitesse v_S du proton à la sortie du premier condensateur en S en fonction de m_p, e et U. Déterminer sa valeur et commenter le résultat**.**

2. Principe du Linac2 – accélérateur linéaire

Dans une enceinte où règne un vide poussé, on fait passer les protons dans une série de tubes métalliques reliés alternativement à l'une ou à l'autre des bornes d'un générateur de tension alternative $U_a(t)$ (voir figure 2). Cette tension crée, dans les intervalles qui séparent les tubes, un champ électrique dans la direction de l'axe Ox.

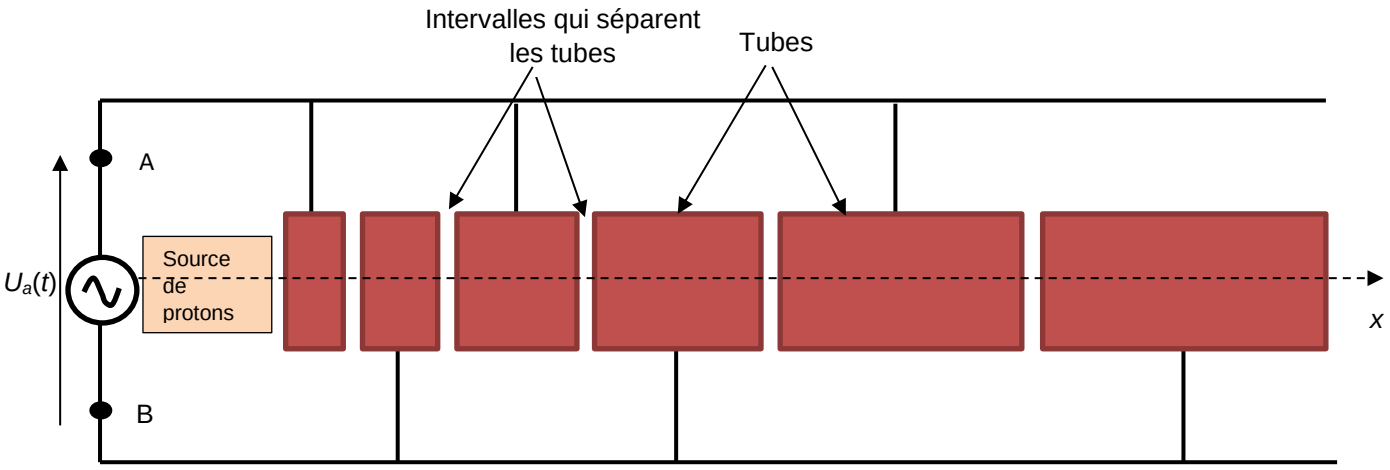


Figure 2. Schéma simplifié du Linac 2.

Le champ électrique régnant dans les intervalles étant variable au cours du temps, la fréquence de la tension $U_a(t)$ et la longueur des tubes sont choisies très précisément pour que les protons arrivent dans chaque intervalle à l'instant où le sens du champ est tel qu'il permet leur accélération. On considère qu'à l'intérieur des tubes le champ électrique est nul et donc que les particules s'y déplacent à vitesse constante (figure 3).

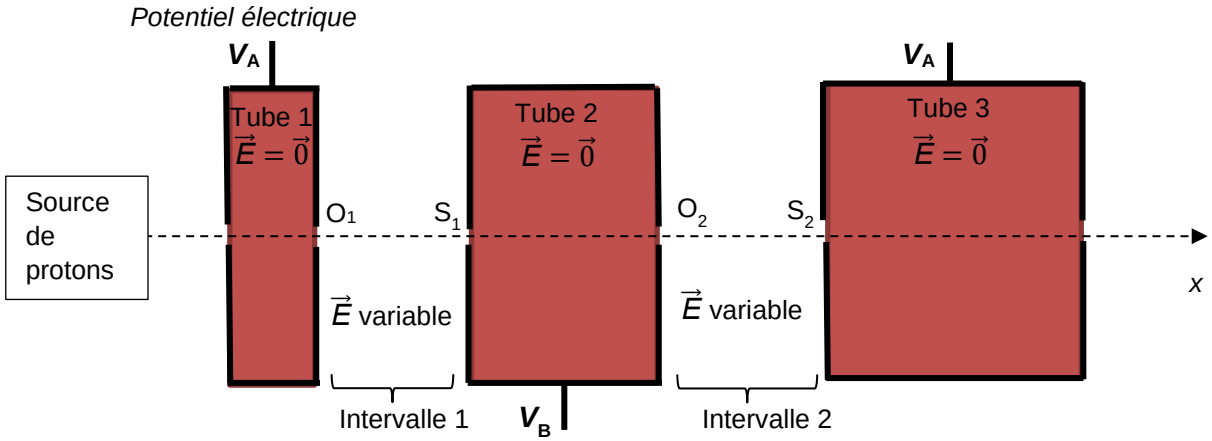


Figure 3. Schéma des deux premiers intervalles (l'échelle n'est pas respectée).

L'énergie cinétique des protons augmentant au passage dans chaque intervalle, l'énergie cinétique atteinte à la sortie de l'accélérateur dépend, entre autres, du nombre de tubes.

L'un des intérêts d'un tel dispositif est qu'il suffit d'ajouter des tubes ou d'augmenter la valeur du champ électrique pour augmenter l'énergie cinétique finale des protons. Son principal inconvénient est son encombrement qui est, pour le Linac2, une longueur de 34 m.

Chaque intervalle se comporte comme le condensateur plan étudié dans la première partie (figure 1).

Le générateur produit une tension sinusoïdale de période T = 40 ns. On donne la courbe de variation de la tension U_a en fonction du temps (figure 4). Si $U_a(t) > 0$, alors $V_A > V_B$ et si $U_a(t) < 0$ alors $V_A < V_B$.

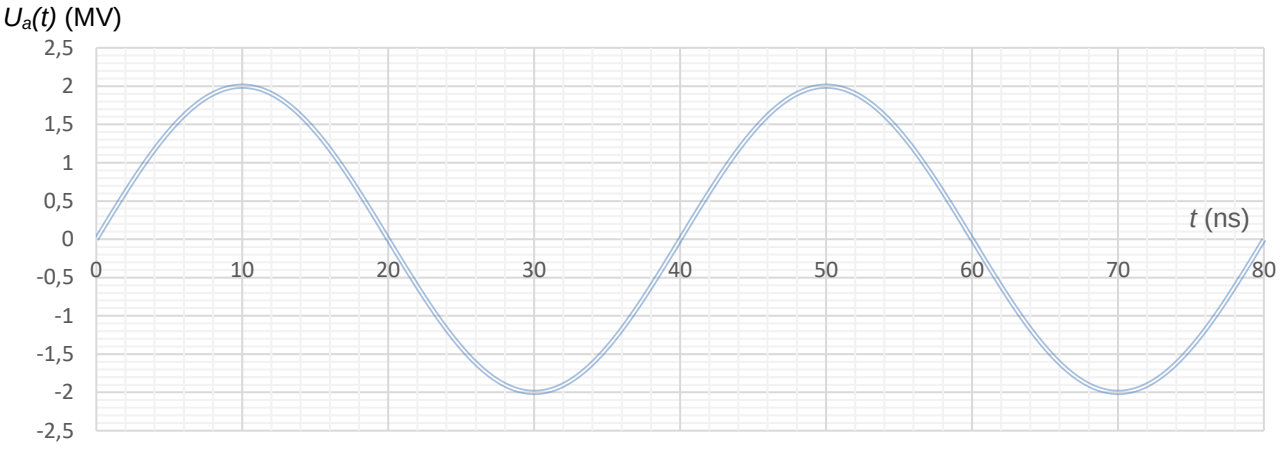


Figure 4. Évolution de la tension électrique $U_a(t)$ délivrée par le générateur.

2.1. Indiquer le sens du champ électrique qui règne dans l'intervalle 1 et dans l'intervalle 2 entre les tubes à l'instant $t = \frac{T}{4}$. Représenter, sans soucis d'échelle, le vecteur champ électrique $\vec{E}$ dans l'intervalle 1 et celui dans l'intervalle 2 sur le schéma de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2.2. Mêmes questions à la date $t = \frac{3T}{4}$.

2.3. Pour être accélérés de manière optimale dans chaque intervalle, les protons doivent mettre une durée $\Delta t = \frac{T}{2}$ pour traverser chaque tube. Justifier cette affirmation.

2.4. Expliquer qualitativement pourquoi les tubes du Linac2 sont de plus en plus longs.

EXERCICE C – Observer les cratères lunaires Messier (5 points)

Mots clés : optique géométrique, lunette astronomique.

Messier et Messier A sont deux cratères lunaires relativement récents localisés dans la mer de la Fécondité. Le cratère Messier se caractérise par sa forme allongée et juste à côté, on trouve Messier A, un autre cratère de forme et de taille similaire.
Messier et Messier A ont été photographiés par la mission Apollo 11 en 1969 (voir photo ci-contre).

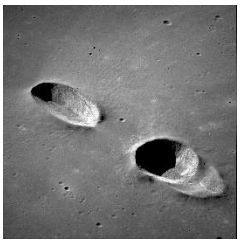


Photo NASA

L'objectif de cet exercice consiste à déterminer la caractéristique d'un oculaire d'une lunette astronomique permettant d'observer ces cratères depuis la Terre.

Données

- Distance Terre - Lune $D = 3{,}84 \times 10^5$ km.
- Largeur du cratère Messier $d = 11{,}0$ km.
- Fiche technique d'une lunette astronomique d'amateur :

Distance focale de l'objectif	300 mm
Diamètre de l'objectif	70 mm
Masse de la lunette	1,95 kg
Hauteur réglable du trépied	65 à 114 cm
Distance focale des oculaires fournis	35 mm, 20 mm et 10 mm
Prix	59,99 €

- Pouvoir séparateur de l'œil : angle minimal ε sous lequel deux points lumineux A et B peuvent être vus séparément. Pour l'œil humain, $\varepsilon = 3{,}0 \times 10^{-4}$ rad. A et B ne peuvent donc pas être distingués à l'œil nu sous un angle inférieur à ε.



1. Étude de la lunette astronomique

Dans le commerce, on trouve des lunettes astronomiques compactes pour astronomes amateurs débutants. Leurs dimensions permettent de les transporter facilement vers des zones où la pollution lumineuse est faible pour faciliter l'observation du ciel nocturne.

1.1. Expliquer pourquoi la lunette décrite ci-dessus est commercialisée comme une lunette « 70/300 ».

1.2. La lunette est modélisée par l'association de deux lentilles minces convergentes. Le foyer image F'_{obj} de l'objectif coïncide avec le foyer objet de l'oculaire F_{ocu}. Compléter l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, en indiquant la marche du rayon lumineux issu du point B_∞ considéré à l'infini au travers de la lunette afocale. Mettre en évidence l'image intermédiaire A_1B_1 ainsi que l'angle θ' sous lequel est vu l'image A'B' de $A_\infty B_\infty$ à travers la lunette.

1.3. Après avoir défini le terme « afocal », expliquer l'intérêt de disposer d'une lunette afocale.

1.4. On suppose que, pour les petits angles exprimés en radian, $\tan\theta \approx \theta$. Définir le grossissement de la lunette. Montrer, à partir de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, que le grossissement de la lunette a pour expression :

$$G = \frac{f'_{obj}}{f'_{ocu}}$$

où f'_{obj} et f'_{ocu} désignent respectivement les distances focales des lentilles de l'objectif et de l'oculaire.

2. Observation du cratère lunaire Messier

2.1. Montrer que l'angle θ sous lequel est vu le cratère Messier depuis la Terre a, sous certaines hypothèses à préciser à l'aide d'un schéma, pour valeur $\theta = 2{,}86 \times 10^{-5}$ rad.

2.2. L'observation du cratère lunaire Messier est-elle possible à l'œil nu ?

2.3. Dans ces conditions, calculer la taille de l'image intermédiaire A_1B_1 du cratère Messier à travers l'objectif de la lunette.

2.4. Déterminer le ou les oculaires, parmi les trois fournis dans les données, qu'un astronome amateur doit utiliser pour pouvoir espérer observer le cratère Messier.

Dans cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

ANNEXE À RENDRE avec la copie de l'exercice 1

Dépolluer une eau avec des carapaces de crevettes

Annexe de la question 1.2 :

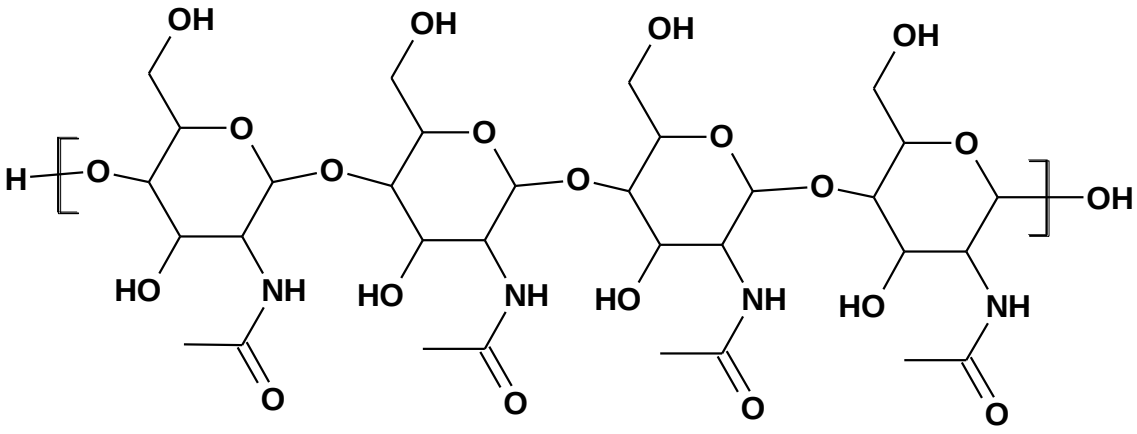


Figure 1. Formule topologique de la chitine à quatre motifs.

Annexe de la question 4.2. :

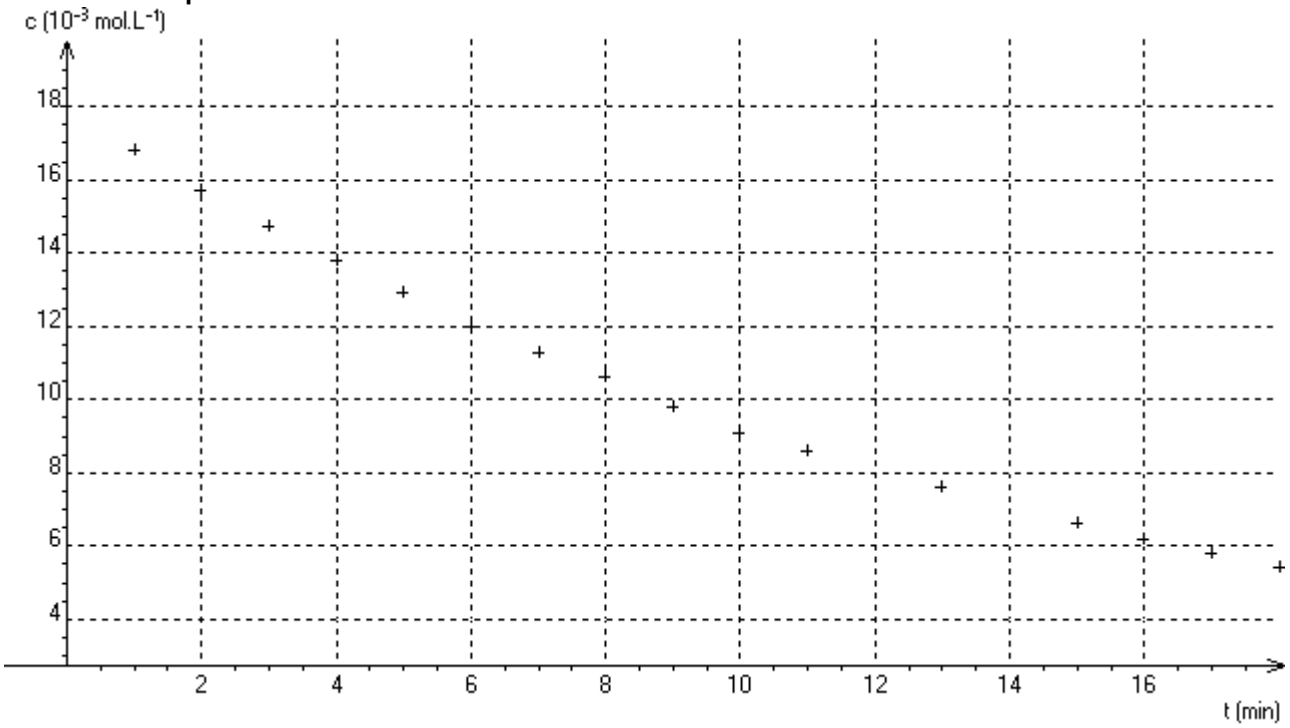


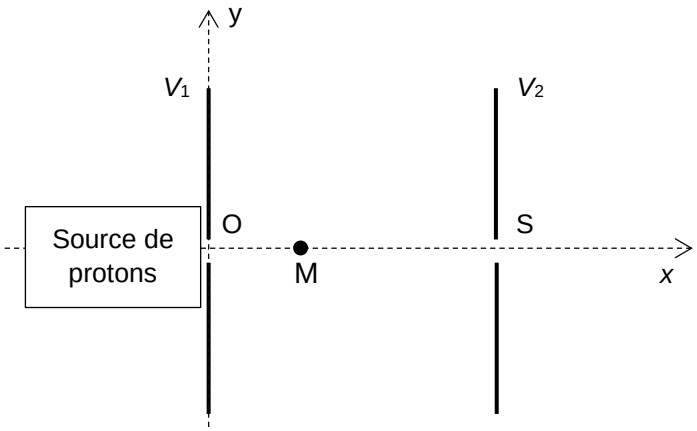
Figure 2. Évolution de la concentration C en ions $Cu^{2+}(aq)$au cours du temps.

ANNEXE À RENDRE avec la copie de l'exercice B

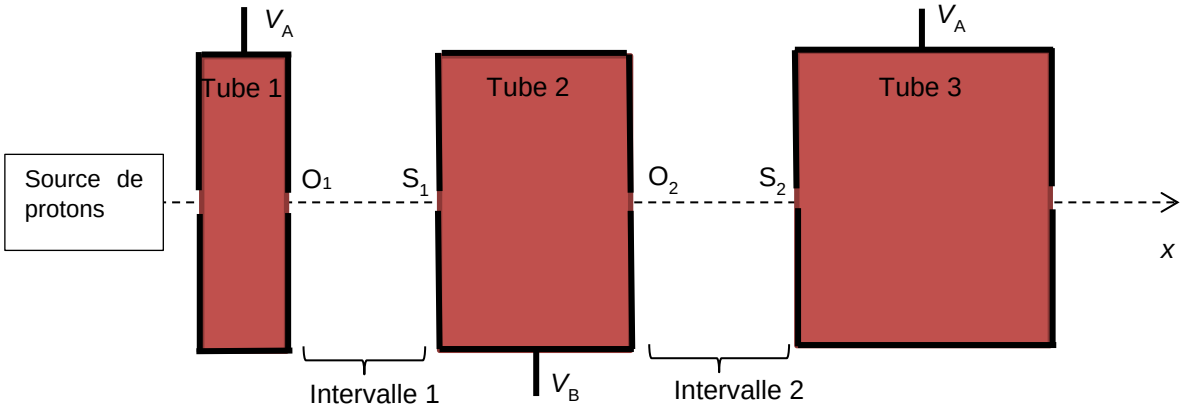
Accélérateur linéaire Linac2 du CERN

Annexe de la question 1.1 :

Échelle : 1 cm représente 10 MV·m^{-1}



Annexe de la question 2.1. :



ANNEXE À RENDRE avec la copie de l'exercice C

Observer les cratères lunaires Messier

Annexe de la question 1.2.

