

Devoir du samedi 19 décembre 2015

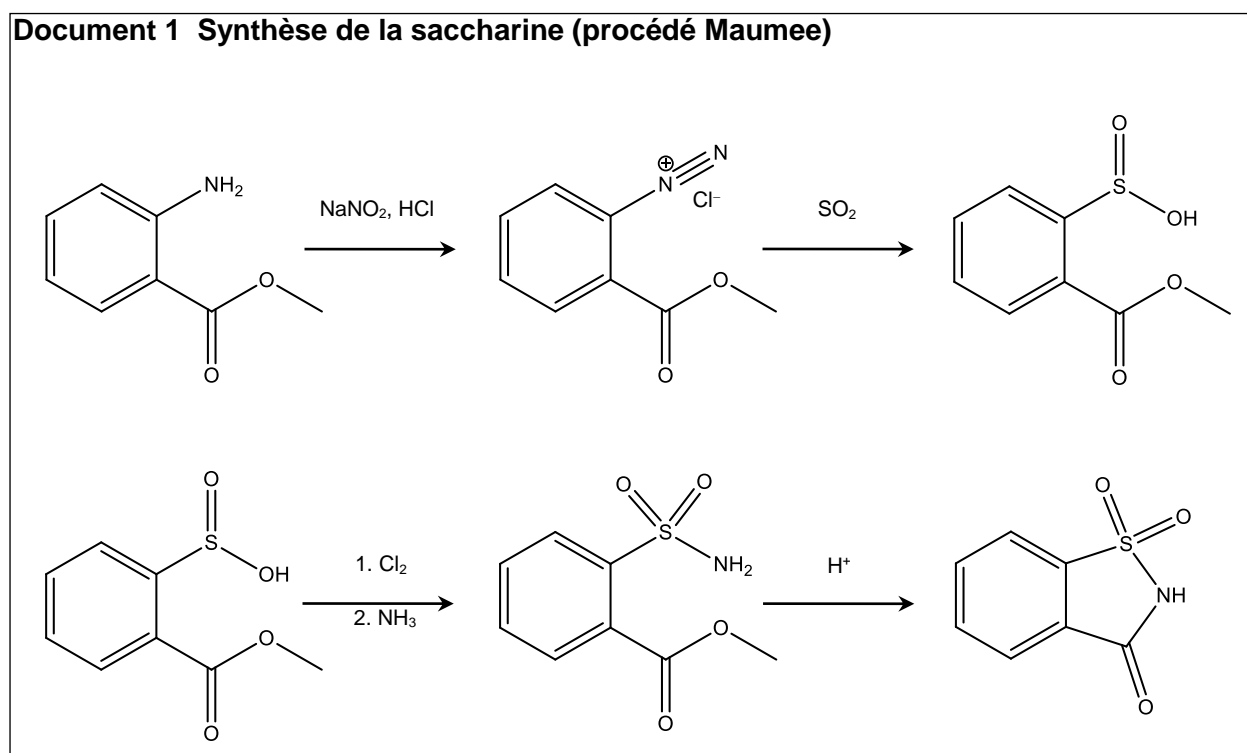
La qualité de la rédaction et de la présentation des résultats comptera pour une part importante dans l'évaluation des copies. Le barème est donné à titre indicatif.

Exercice 1 : après les bonbons et les gâteaux, un régime s'impose : la saccharine à la place du sucre (8 points, 45 minutes)

Découverte en 1879 par Ira Remsen et Constantin Fahlberg, la saccharine est l'édulcorant le plus ancien. Son pouvoir sucrant étant 300 à 400 fois plus élevé que celui du saccharose (sucre de table), la saccharine est donc particulièrement utilisée par les diabétiques et les personnes désirant perdre du poids. Par ailleurs, cet édulcorant n'est pas métabolisé par l'organisme et est complètement excrété par les reins.

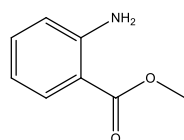
La première synthèse de la saccharine conduisit à un faible rendement. Pour y remédier, la Société chimique de Maumee (dans la banlieue de Toledo, état de l'Ohio) développa un nouveau procédé en 1950 (**Doc.1**), appelé désormais "procédé Maumee". Le **document 1** présente les différentes transformations successives des molécules organiques et précise, au-dessus des flèches, les réactifs ou catalyseurs inorganiques employés.

Document 1 Synthèse de la saccharine (procédé Maumee)



1) Étude du procédé Maumee

La saccharine est synthétisée à partir du 2-aminobenzoate de méthyle, dont la formule est donnée ci-dessous.

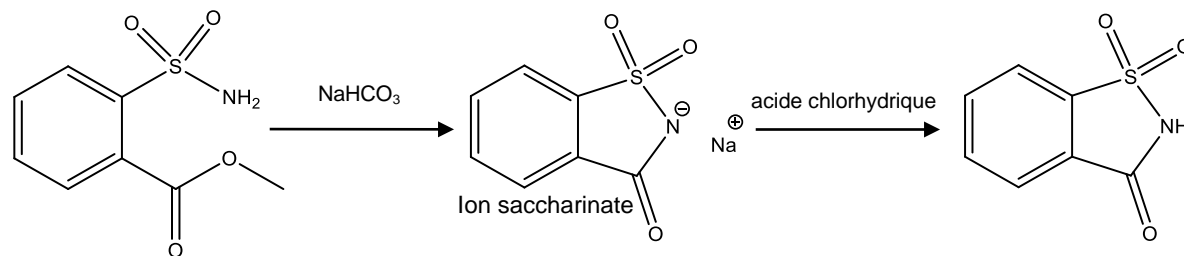


- Ecrire la formule semi-développée du 2-aminobenzoate de méthyle et entourer les groupes caractéristiques. À quelles classes fonctionnelles appartient cette espèce chimique ?
- Dans la dernière étape du document 1, l'ion H^+ figuré au haut de la flèche est un catalyseur. Rappeler la définition d'une telle espèce chimique. Pourquoi n'intervient-il pas dans l'équation chimique de cette dernière étape ?
- Ecrire avec des formules brutes la réaction correspondant à cette dernière étape sachant qu'il n'y a qu'un seul réactif et deux produits. Quelle est la formule semi-développée du produit autre que la saccharine ? Quel est son nom ?
- A quel type de réaction correspond cette dernière étape ? Justifier.

2) Synthèse de la saccharine en laboratoire

Il est possible de synthétiser rapidement de la saccharine à partir du 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle suivant la transformation donnée ci-dessous (**Doc. 2**).

Document 2 Synthèse de la saccharine à partir du 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle



Un protocole de cette synthèse est fourni dans le **document 3**.

Document 3 Protocole expérimental

1. Dans un ballon tricol de 250mL, introduire un barreau aimanté.
2. Dans le ballon, verser 3,22 g de 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle, 1,51 g d'hydrogénocarbonate de sodium et 50 mL d'eau. Adapter un réfrigérant sur le ballon et mettre sous agitation magnétique.
3. Chauffer à 60 °C jusqu'à dissolution. Poursuivre l'agitation pendant 5 minutes.
4. Cesser le chauffage et laisser refroidir le ballon à température ambiante pendant 5 minutes. Placer ensuite le ballon dans un mélange eau+glace.
5. Verser doucement dans le ballon 25 mL d'acide chlorhydrique à 3 mol.L⁻¹.
6. Placer à nouveau le ballon dans un mélange eau+glace.
7. Essorer sous pression réduite sur Büchner et laver le solide avec 10 mL d'eau distillée.
8. Recristalliser le produit brut dans l'eau.
9. Essorer sous pression réduite sur Büchner, collecter le solide dans une boîte de Pétri et placer à l'étuve (100 °C).

Le **document 4** fournit les données physico-chimiques des espèces chimiques mises en jeu au cours de la synthèse de la saccharine. On réalise cette synthèse en suivant le protocole expérimental du **document 3**. Dans cette synthèse, une mole de 2-aminosulfonylbenzoate de méthyle réagit avec une mole d'hydrogénocarbonate de sodium (NaHCO_3) pour former une mole de saccharine.

Document 4 Données physico-chimiques

Espèce chimique	Données physico-chimiques
2-aminosulfonylbenzoate de méthyle	$M_1 = 215,23 \text{ g.mol}^{-1}$ Température de fusion : 127 °C Très peu soluble dans l'eau à 25 °C Soluble dans l'eau à 100 °C Soluble dans l'acétone et l'éthanol
Saccharine	$M = 183,19 \text{ g.mol}^{-1}$ Température de fusion : 229 °C Solubilité dans l'eau : 3,45 g.L ⁻¹ à 25 °C et 40 g.L ⁻¹ à 100 °C
Hydrogénocarbonate de sodium NaHCO_3	$M_2 = 84,00 \text{ g.mol}^{-1}$ Soluble à froid et à chaud dans l'eau
Acide chlorhydrique	$M_3 = 36,46 \text{ g.mol}^{-1}$ Très soluble dans l'eau

- a) Calculer la quantité de matière introduite pour chacun des réactifs.
- b) La masse de saccharine obtenue (après passage à l'étuve) est de $m' = 2,3 \text{ g}$. En déduire le rendement η de cette synthèse.
- c) Quel est le rôle de l'eau lors de la transformation ?
- d) Pourquoi place-t-on le ballon contenant la saccharine dans un bain eau+glace ?
- e) Légèrer en annexe le dispositif de filtration sur Büchner (sous pression réduite) en fin de filtration.
- f) En six lignes maximum, expliquer clairement les étapes de l'opération de recristallisation de la saccharine en justifiant le solvant choisi. Quel est l'intérêt de la recristallisation ?
- g) Citer deux procédés permettant d'identifier le produit synthétisé.

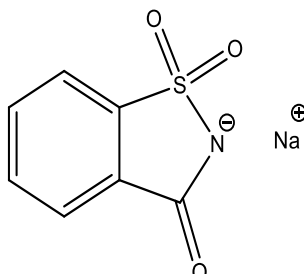
3) Les Sucrettes : à consommer sans fin ?

Document 5 Les Sucrettes®

Les Authentiques Sucrettes® sont des édulcorants de table, elles sont indiquées pour sucrer les boissons (café, thé, chocolat chaud...).



Non assimilées par l'organisme, elles conviennent particulièrement aux personnes surveillant leur poids, dans un régime, ou pour contrôler le diabète. Le principe actif des Sucrettes® est la saccharine sodique de formule :



La masse molaire de la saccharine sodique est $M = 205,19 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

La DJA de la saccharine sodique est de 5 mg par kilogramme de masse corporelle.

Document 6 La DJA

La DJA, ou Dose Journalière Admissible, est la quantité de substance chimique que peut ingérer un homme ou un animal, par jour, au cours de sa vie, sans aucun risque appréciable pour sa santé. Ces valeurs sont établies pour les additifs alimentaires et les résidus de pesticides.

Document 7 Solutions étalons de saccharine sodique

Solution étalon	Concentration ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	σ ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$)
S_1	$2,0 \times 10^{-4}$	1,5
S_2	$4,0 \times 10^{-4}$	3,8
S_3	$6,0 \times 10^{-4}$	5,1
S_4	$8,0 \times 10^{-4}$	6,7
S_5	10×10^{-4}	9,0

Document 8 Solution de Sucrette®

- Trois comprimés de Sucrette® sont réduits en poudre et dissous dans 500 mL d'eau.
- Après agitation, on mesure la conductivité de la solution ainsi préparée et on obtient : $\sigma = 6,4 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$.

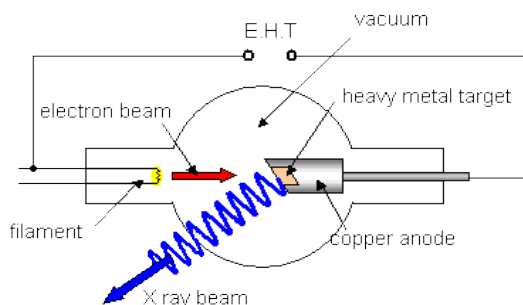
Une personne diabétique de 65 kg décide d'utiliser des Sucrettes® pour donner un goût sucré à ses boissons. Combien de comprimés peut-elle consommer chaque jour sans ressentir d'effets secondaires ? Commenter le résultat.

L'analyse des données ainsi que la démarche suivies seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme avec rigueur.

Exercice 2 : autour d'un travail au musée : obtention de rayons X (7,5 points, 40 minutes)

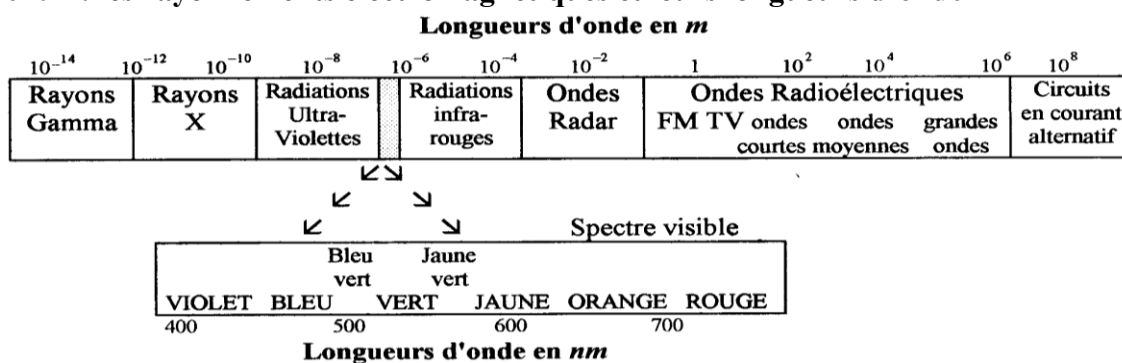
Document 1 : principe d'un appareil de Coolidge

Les rayons X sont une forme de rayonnement électromagnétique comme la lumière, les ondes radio ou les rayons gamma [...]. Les rayons X sont produits dans des tubes à rayons X appelés tubes de Coolidge. Le principe est le suivant : dans un tube sous vide, une tension de 50 kV est maintenue entre deux électrodes distantes de 18 cm qui se chargent : la cathode se charge négativement par excès d'électrons et l'anode positivement par défaut d'électrons. Entre les deux électrodes apparaît alors un champ électrique uniforme très intense si bien que des électrons sont arrachés sans vitesse initiale de la cathode pour se diriger vers l'anode. Les électrons, ainsi accélérés par la grande différence de potentiel, acquièrent une grande énergie cinétique dans le tube, et ils viennent percuter l'anode, un anneau de tungstène très résistant. Les électrons sont alors brutalement freinés, et leur énergie cinétique se transforme à 99% sous forme de chaleur et 1% sous forme de photon X émis ou rayon X.



D'après un article de T. Préaudat, A. Philippon, G. de Boutray et T. Manai, Versailles, 2015

Document 2 : les rayonnements électromagnétiques et leurs longueurs d'onde



Document 3 : photons et longueur d'onde (rappels)

Un photon d'énergie E_{photon} est équivalent à une onde électromagnétique de fréquence f telle que $h \times f = E_{\text{photon}}$ avec h la constante de Planck Einstein valant $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$, f en Hz et E_{photon} en J.

Document 4 : champ E créé entre deux plaques (rappel)

Si on impose une différence de potentiel U entre deux plaques distantes de d , il apparaît entre ces deux plaques un champ électrique uniforme \vec{E} de direction orthogonale à celle des plaques, de sens vers les potentiels décroissants et de valeur $E = \frac{U}{d}$

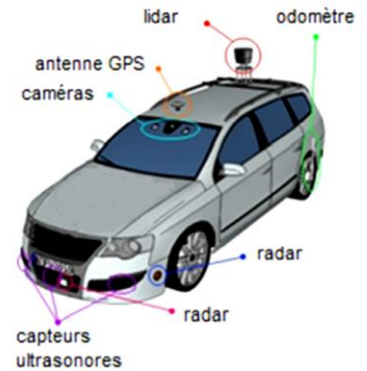
Document 5 : l'électron

L'électron est une particule élémentaire de charge $q_e = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ et de masse $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. On rappelle que son énergie cinétique vaut $E_c = \frac{1}{2} m_e v^2$ en notant v sa vitesse.

- 1) Justifier l'échelle logarithmique utilisée dans le document 2.
- 2) a) Rappeler l'expression vectorielle de la force électrique \vec{F}_{elec} subie par l'électron lorsqu'il est dans un champ électrique uniforme constant \vec{E} .
b) Montrer, par des applications numériques, que le poids de l'électron peut être négligé face à la force électrique subie par l'électron à l'intérieur du tube de Coolidge. On prendra $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- 3) Compléter le schéma du dispositif en annexe en positionnant la borne + du générateur permettant d'obtenir la différence de potentiel entre les plaques. Justifier. On fera apparaître le champ \vec{E} ainsi que l'électron arraché et la force \vec{F}_{elec} .
- 4) Montrer proprement que le vecteur accélération d'un électron arraché de la cathode est un vecteur constant au cours du temps en appliquant une loi qu'on énoncera en français. Donner les caractéristiques de ce vecteur accélération.
- 5) a) Etablir les lois horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement de l'électron en utilisant le repère imposé sur le schéma de l'annexe.
b) Qualifier alors au mieux le mouvement de l'électron entre les deux électrodes.
c) Montrer que l'électron a une vitesse $v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$ lorsqu'il atteint l'anode. En déduire son énergie cinétique.
- 6) Conclure si ce sont bien des rayons X qui sont ainsi créés ou pas. Justifier.

Exercice 3 : autour d'un projet de SI : capteurs extérieurs des voitures (4,5 points, 25 minutes)

« Sans les mains ! C'est de cette manière que vous pourrez, peut-être très bientôt, conduire votre prochaine voiture... ». Cette phrase évoque ici la voiture autonome dont la commercialisation sera lancée aux alentours de 2020. Cette voiture « se conduira seule », car elle aura une perception globale de son environnement grâce à la contribution de plusieurs capteurs : télémètre laser à balayage (LIDAR*), caméra, capteurs à infrarouge, radars, capteurs laser, capteurs à ultrasons, antenne GPS ...



*LIDAR = Light Detection And Ranging

Un odomètre mesure la distance parcourue par la voiture.

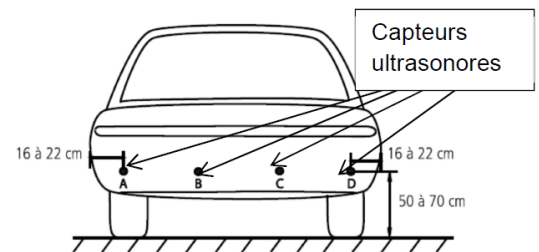
L'objectif de cet exercice est d'étudier le capteur de recul présent dans une voiture autonome.

Principe de fonctionnement des capteurs

Les radars, capteurs ultrasonores et lasers sont tous constitués d'un émetteur qui génère une onde pouvant se réfléchir sur un obstacle et d'un capteur qui détecte l'onde réfléchie. Le capteur permet de mesurer la durée entre l'émission et la réception de l'onde après réflexion sur l'obstacle.

Extrait d'une notice de « radar de recul » (aide au stationnement)

- En marche arrière le « radar de recul » se met en fonction automatiquement.
- L'afficheur indique la distance de l'obstacle détecté pour des valeurs comprises entre 0,3 m et 2 m.
- L'afficheur dispose d'un buzzer intégré qui émet un signal sonore dont la fréquence évolue en fonction de la distance à l'obstacle.



Données :

- célérité du son dans l'air à 20 °C : $v = 343 \text{ m.s}^{-1}$;
- célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Le « radar de recul » est composé de quatre capteurs ultrasonores identiques. Chacun de ces capteurs a une portée minimale $d_{min} = 0,30 \text{ m}$ d'après la notice. Cela signifie qu'un obstacle situé à une distance du capteur inférieure à d_{min} ne sera pas bien détecté.

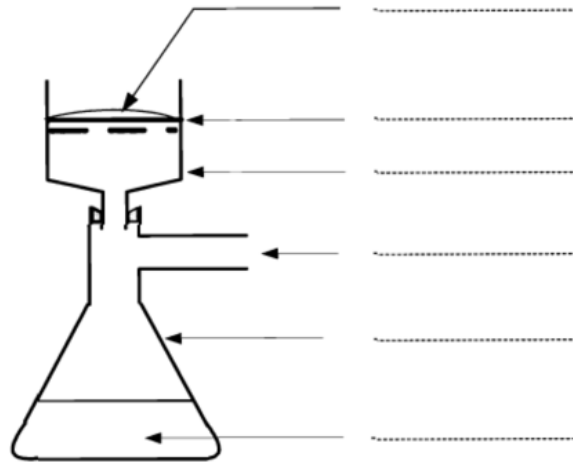
Le capteur est constitué d'un matériau piézo-électrique utilisé à la fois pour fonctionner en mode émetteur ou en mode récepteur. Il ne peut fonctionner correctement en récepteur que lorsqu'il a fini de fonctionner en émetteur. Pour cette raison, le capteur génère des salves ultrasonores de durée $\Delta t_1 = 1,7 \text{ ms}$ avec une périodicité $\Delta t_2 = 12 \text{ ms}$. La figure en annexe illustre ce fonctionnement.

- 1) L'onde ultrasonore est une onde progressive. Qu'est-ce que cela signifie ? Elle est de plus qualifiée de mécanique. Pour quelle raison ?
- 2) Légénder la figure de l'annexe à rendre avec la copie en indiquant les durées Δt_1 et Δt_2 .
- 3) Faire un schéma représentant un capteur détectant un obstacle et y faire apparaître sa portée minimale d_{min} et sa portée maximale d_{max} en précisant leurs valeurs.
- 4) Vérifier que pour la distance d_{min} entre le capteur et l'obstacle, la durée entre l'émission et la réception est égale à Δt_1 .
- 5) Si la durée que met l'onde émise pour revenir au capteur est inférieure à Δt_1 , pourquoi le capteur ne peut-il pas détecter l'obstacle de manière satisfaisante ? Justifier la réponse.
- 6) Quelle caractéristique du signal de l'émission doit-on alors modifier pour que le capteur puisse détecter un obstacle situé à une distance inférieure à d_{min} ? Justifier votre réponse.
- 7) Montrer que la valeur de la portée maximale de ce capteur est liée essentiellement à une des caractéristiques du signal émis.
- 8) Ce capteur tel qu'il est conçu et placé à l'avant, peu onéreux, pourrait servir de détection, sur une autoroute, d'un obstacle à 100 m devant le véhicule en mouvement afin de l'éviter mais on préfère nettement dans ce cas un détecteur infrarouge. Expliquer en effectuant un ou deux calculs en prenant des initiatives.

Annexe à rendre avec la copie

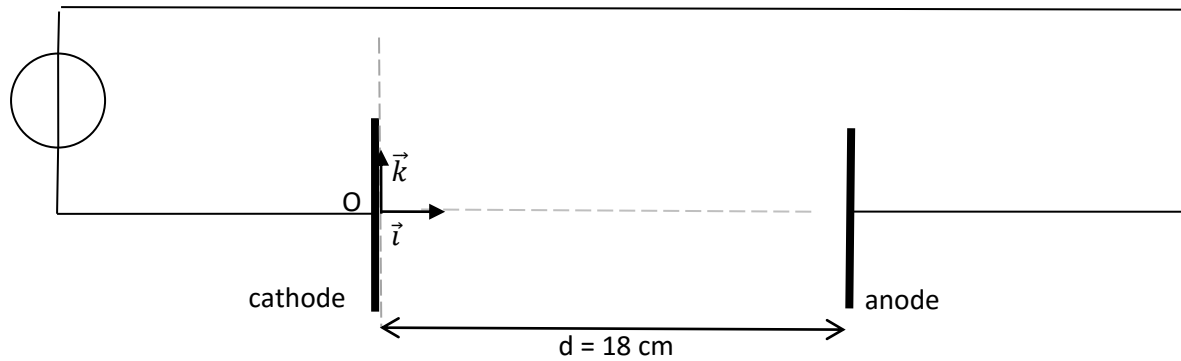
NOM :

Exercice 1



Exercice 2

Schéma du tube de Coolidge. On pourra considérer que l'électron est arraché depuis le point O du repère indiqué.



Exercice 3

Principe de fonctionnement de l'émetteur du radar de recul

