

Enseignement de spécialité « Physique »

I. ELECTROLYSE D'UNE SOLUTION DE NITRATE DE PLOMB (II) (5 POINTS)

II. SUIVI SPECTROPHOTOMETRIQUE D'UNE REACTION (5 POINTS)

III. DATATION AU CARBONE 14 (5 POINTS)

IV. CIRCUIT RL ET CIRCUIT RC (5 POINTS)

Le sujet comporte 6 pages dont celle-ci, numérotées de 1 à 6.

L'usage de la calculatrice est autorisé

I. ELECTROLYSE D'UNE SOLUTION DE NITRATE DE PLOMB (II)

On réalise l'électrolyse d'une solution de nitrate de plomb (II) $Pb^{2+} + 2 NO_3^-$ en branchant un générateur de tension continue entre une cathode de plomb et une anode en graphite (carbone).

Données :

- Couples oxydant/réducteur : $Pb^{2+}_{(aq)} / Pb_{(s)}$; $H_2O / H_{2(g)}$; $O_{2(g)} / H_2O$.
- Les ions nitrate et le graphite ne participent pas aux réactions électrochimiques.
- $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- $M(Pb) = 207 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1) Étude du montage

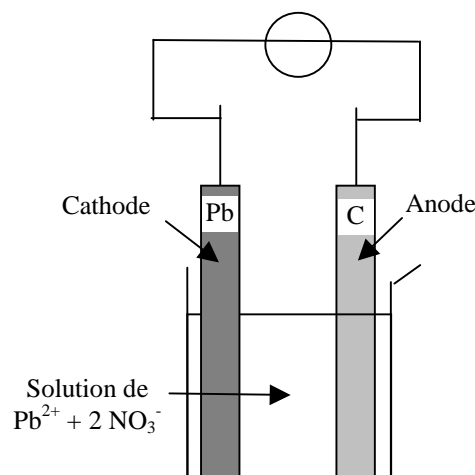
- a) Quelle est la nature de la réaction qui se produit à la cathode ?
- b) À quelle borne du générateur est reliée l'électrode de plomb ?
- c) Indiquer la nature et le sens de déplacement des porteurs de charge dans les différentes parties du circuit pendant l'électrolyse.

2) Équation de la réaction

- a) Faire l'inventaire de toutes les espèces présentes dans ce système.
- b) Écrire l'équation des réactions pouvant se produire :
 - À l'anode
 - À la cathode.
- c) Il se produit un dépôt métallique sur l'une des électrodes et un dégagement gazeux de dioxygène sur l'autre. Écrire l'équation de la réaction qui se produit lors de l'électrolyse avec les coefficients stœchiométriques entiers les plus petits possibles.

3) À la fin de l'expérience, la masse de l'électrode de plomb a augmenté de 1,90 g.

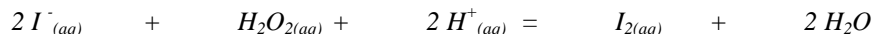
- a) Établir le tableau d'avancement de la réaction lors du fonctionnement de l'électrolyse.
- b) Montrer que l'avancement final est $x_f = 4,59 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.
- c) Quel est le volume de gaz qui a été obtenu à l'autre électrode ?
- d) Quelle est la quantité d'électricité qui a été nécessaire pour réaliser ce dépôt ?
- e) Quelle a été la durée de l'expérience si l'intensité du courant imposé a été maintenue constante et égale à 0,25 A ?



II. SUIVI SPECTROPHOTOMETRIQUE D'UNE REACTION

Au cours d'une séance de travaux pratiques, deux élèves étudient la réaction entre l'eau oxygénée $H_2O_{2(aq)}$ (espèce chimique oxydante) et les ions iodures $I^-_{(aq)}$ en milieu acide. L'avantage de la méthode par **spectrophotométrie** est de pouvoir suivre la cinétique de la réaction en direct : la réaction est effectuée dans la cuve d'analyse du spectrophotomètre.

L'équation de la réaction est :



La réaction est **lente mais totale**. La seule espèce chimique colorée est le diiode I_2 (couleur orange).

Dans un premier temps, les élèves établissent une échelle de teinte à partir d'une solution mère de diiode de concentration connue puis ils tracent une courbe d'étalonnage, en mesurant l'absorbance A des solutions filles préparées. Ensuite ils relèvent l'évolution de l'absorbance du mélange réactionnel au cours du temps.

A. Échelle de teinte et courbe d'étalonnage

Pour réaliser l'échelle de teinte, les élèves disposent du matériel suivant :

- solution mère de diiode de concentration $[I_2]_o = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- eau distillée
- verrerie : pipettes jaugées 10,0 mL, pipettes graduées 10,0 mL, éprouvettes graduées 10 mL, tubes à essais.
- propipette
- spectrophotomètre avec cuve.

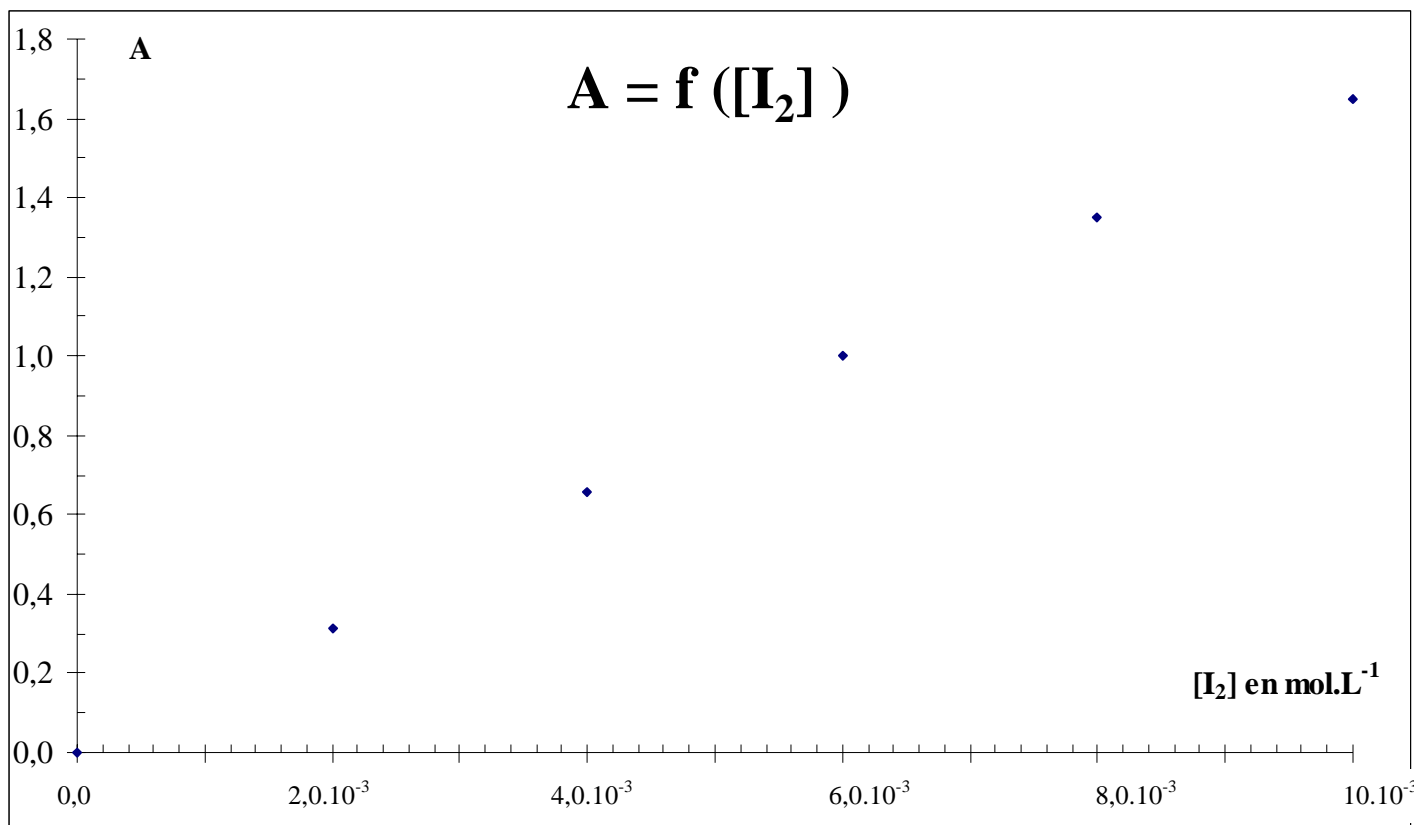
Les élèves doivent préparer les solutions filles suivantes dans des tubes à essais à partir de la solution mère et d'eau distillée.

Solution fille n°	1	2	3	4	5
Solution mère en I_2 (mL)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Eau distillée (mL)	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0

- 1) Quelles verreries les élèves doivent-ils utiliser pour préparer les solutions filles ? Justifier.
- 2) Établir l'expression qui permet de déterminer les concentrations $[I_2]$ des solutions filles.
- 3) Application numérique : déterminer la concentration $[I_2]_3$ en mol.L^{-1} de la solution fille n°3.

Les élèves règlent le spectrophotomètre à $\lambda_{\text{max}} = 520 \text{ nm}$ et mesurent l'absorbance des différentes solutions. Ils tracent ensuite la courbe d'étalonnage $A = f([I_2])$ pour les solutions filles :

- 4) Quelle conclusion peut-on tirer du graphique ?
- 5) Établir l'équation du graphe $A = f([I_2])$.



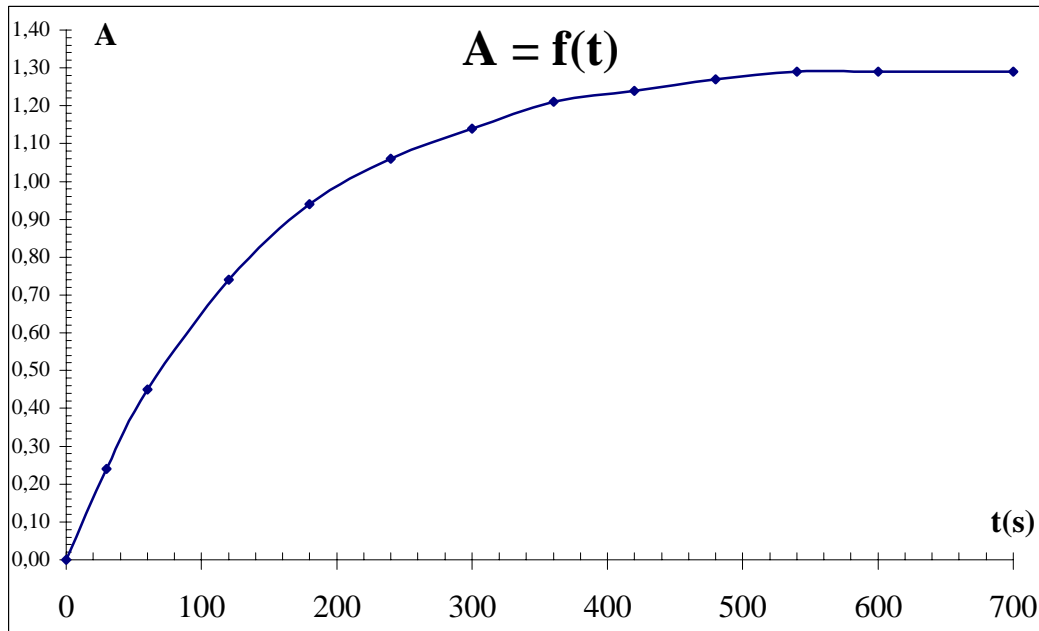
B. Suivi spectrophotométrique et exploitation des résultats

Les élèves versent dans un bécher : **13 mL** d'eau distillée

5,0 mL d'iodure de potassium à **0,50 mol.L⁻¹**

10,0 mL d'acide sulfurique concentré.

À la date $t = 0$, ils ajoutent **2,0 mL** d'eau oxygénée à **0,12 mol.L⁻¹** et ils déclenchent le chronomètre. Ils remplissent rapidement une cuve avec le mélange réactionnel et la place dans le spectrophotomètre. Les élèves relèvent l'absorbance en fonction du temps et obtiennent le graphique suivant :



- 1) Quelle est la concentration finale en diiode obtenue expérimentalement ?
- 2) Établir le tableau d'avancement de la réaction.
- 3) Sachant que l'acide sulfurique est en excès, déterminer le réactif limitant.
- 4) Quelle est la valeur attendue de la concentration finale en diiode ? Comparer avec la valeur obtenue expérimentalement. Calculer l'écart relatif et conclure.
- 5) Définir la vitesse volumique de la réaction.
- 6) Montrer qu'elle peut se mettre sous la forme : $v = \frac{1}{B} \cdot \frac{dA}{dt}$ où A est l'absorbance du mélange réactionnel à chaque instant et B une constante que l'on déterminera et dont on donnera l'unité.
- 7) Que peut-on dire de l'évolution de la vitesse au cours de la réaction ? Justifier la réponse.

III. DATATION AU CARBONE 14

La Terre est bombardée en permanence par des particules très énergétiques venant du cosmos. Ce rayonnement cosmique est composé notamment de protons très rapides. Les noyaux des atomes présents dans la haute atmosphère "explorent" littéralement sous le choc de ces protons très énergétiques et, parmi les fragments, on trouve des neutrons rapides. Ces neutrons rapides peuvent à leur tour réagir avec des noyaux d'azote de la haute atmosphère. Lors du choc, tout se passe comme si un neutron rapide éjectait un des protons d'un des noyaux d'azote et prenait sa place pour former un noyau Y_1 . Ce noyau Y_1 est un isotope particulier du carbone, le carbone 14, qui est radioactif : en émettant un électron et une particule non observable, l'antineutrino, il se décompose en un noyau Y_2 . La période ou demi-vie du carbone 14 est 5570 ans. Comme le rayonnement cosmique bombarde la Terre depuis longtemps, un équilibre s'établit entre la création et la décomposition du carbone 14 : il y a autant de production que de décomposition si bien que la teneur en carbone 14 de tous les organismes vivants reste identique au cours du temps. Ce carbone s'oxyde en dioxyde de carbone qui se mélange à celui de l'atmosphère, à celui dissous dans l'eau, etc... et sera métabolisé par les plantes et à travers elles par tous les organismes vivants. Dans chaque gramme de carbone de l'atmosphère ou des organismes vivants, les atomes de carbone sont en très grande majorité des atomes de carbone 12, mais il y a $5,7 \cdot 10^{10}$ atomes de carbone 14.

D'après I. Berkès "La physique du quotidien "

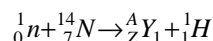
Données

- 1 an = 365 jours

Noyau	H	He	C	N	O
Z	1	2	6	7	8

A. Réactions nucléaires dans la haute atmosphère

- 1) L'équation de la réaction qui a lieu lorsque le neutron rapide éjecte un des protons du noyau d'azote peut s'écrire :



- a) Énoncer les lois de conservation qui régissent une réaction nucléaire.
 - b) Vérifier que, comme l'indique le texte, on obtient bien du carbone 14.
- 2) Désintégration du carbone 14
 - a) Écrire, sans tenir compte de l'antineutrino produit, l'équation de la réaction qui a lieu lorsque un noyau de carbone 14 se décompose comme indiqué dans le texte. On précisera le type de radioactivité du carbone 14.
 - b) Identifier l'élément Y_2 formé.

B. Phénomène de décroissance radioactive

- 1) Donner la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$.
- 2) Constante radioactive
 - a) Donner la relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$.
 - b) Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de λ .
 - c) A l'aide du texte, calculer sa valeur en unité SI, pour la désintégration du carbone 14.
- 3) Définir l'activité d'un échantillon de substance radioactive. Donner son expression en fonction de λ .
- 4) À partir des données numériques du texte, calculer l'activité d'un échantillon de 1 g de carbone d'un organisme vivant.
- 5) Déterminer le nombre de désintégrations par minute et par gramme de carbone (dpm/g) d'un échantillon de carbone d'un organisme vivant.

C. Datation au carbone 14

- 1) Comment expliquer que la quantité moyenne de carbone 14 par kilogramme de matière (ou teneur) reste constante pour tous les organismes en vie ?
- 2) Comment évolue la teneur en carbone 14 quand un organisme meurt ? Justifier la réponse.
- 3) On date par la méthode du carbone 14 un morceau de sarcophage en bois trouvé dans une tombe de l'Égypte ancienne. Dans cet échantillon, on mesure en moyenne 9 désintégrations par minute et par gramme de carbone (9 dpm/g).
 - a) Déterminer le nombre de noyaux de carbone 14 par gramme de carbone présents dans cet échantillon à la date de la mesure.
 - b) Proposer un âge pour le bois de ce sarcophage, exprimé en années.

IV. IV CIRCUIT RL ET RC

A. Circuit RL

G est un générateur de tension continue (force électromotrice $E = 5 \text{ V}$). La bobine a une inductance $L = 0,13 \text{ H}$ et une résistance négligeable. Le conducteur ohmique a une résistance R . Y_A et Y_B sont reliées à un ordinateur

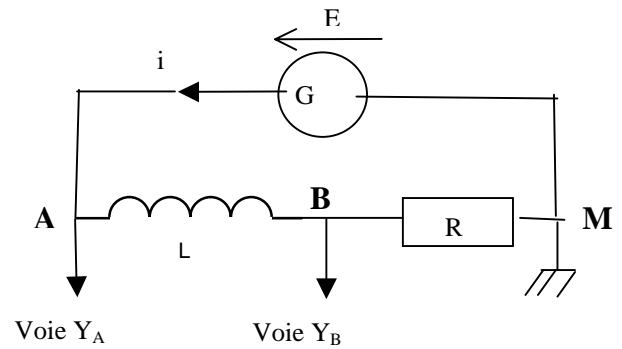


Schéma 1

- 1) Le circuit
 - Quelles sont les tensions visualisées sur la voie Y_A et sur la voie Y_B ?
 - Sur quelle voie visualise-t-on la tension délivrée par le générateur ?
 - Sur quelle voie visualise-t-on la tension qui permet de connaître les variations de l'intensité en fonction du temps ? Justifier la réponse.
- 2) On obtient sur l'écran de l'ordinateur les courbes 1 et 2 (schéma 2)
 - Identifier les tensions représentées.
 - Interpréter l'allure de la courbe 1.
 - Déterminer la valeur de R .
 - Déterminer la valeur de l'intensité I_p du courant électrique en régime permanent.
- 3) Dessiner dans le système d'axes du schéma 3 de la feuille annexe les courbes que l'on observerait en remplaçant la bobine dans le circuit précédent par un conducteur ohmique de résistance $R' = R$.

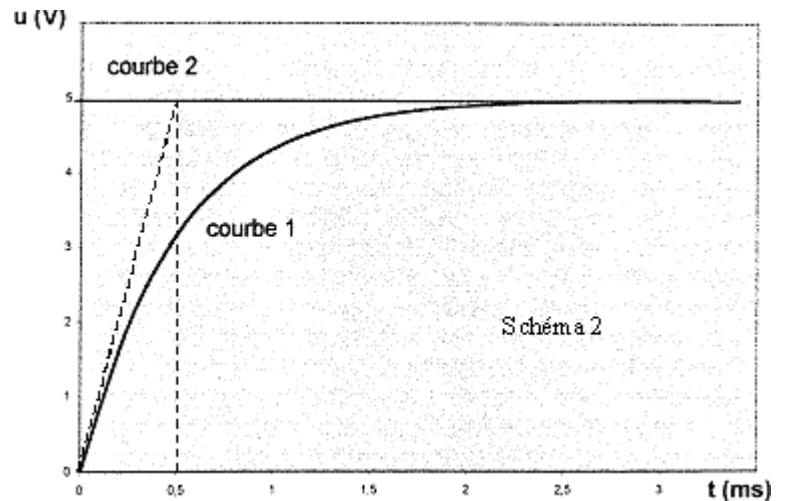


Schéma 2

B. Dipôle RC

Le générateur de tension continue (force électromotrice $E = 5 \text{ V}$) est monté en série avec un condensateur de capacité $C = 1,9 \mu\text{F}$ et un conducteur ohmique de résistance $R = 260 \Omega$: voir le schéma 4 de la feuille annexe.

- 1) Le circuit.
 - Indiquer sur le schéma 4 les branchements à réaliser pour visualiser sur la voie Y_B la tension aux bornes du condensateur, et sur la voie Y_A la tension aux bornes du générateur.
 - La constante de temps de ce circuit étant égale à $0,5 \text{ ms}$, dessiner dans le système d'axes du schéma 5 de la feuille annexe, les courbes visualisées sur un écran d'ordinateur.
- 2) Équation différentielle
 - Établir l'équation différentielle vérifiée par u_{FD} .
 - La solution de l'équation différentielle est $u_{FG} = E (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$. Calculer la valeur de u_{FD} à la date $t = 0,5 \text{ ms}$.
- 3) Intensité du courant
 - À partir de l'expression de u_{FD} , établir l'expression de l'intensité i du courant électrique en fonction du temps
 - À quel instant l'intensité du courant a-t-elle une valeur maximale ?
 - Calculer la valeur de l'intensité maximale ?
- 4) Quelle est l'énergie emmagasinée dans le condensateur à $t = 0,5 \text{ ms}$?

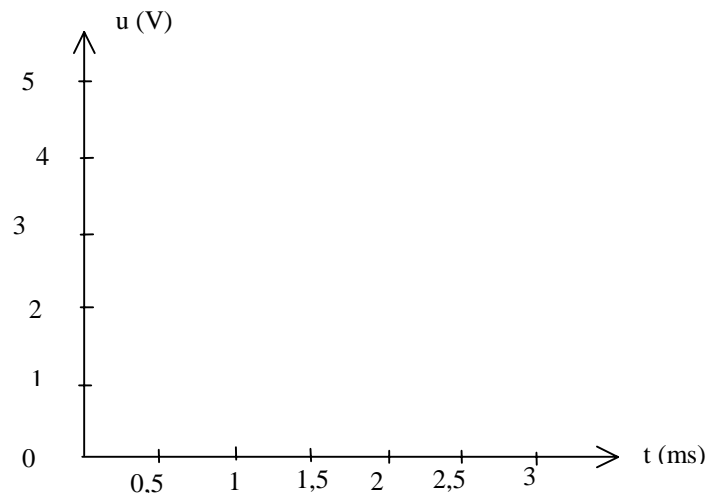
Nom :

Classe :

Feuille annexe à rendre avec la copie

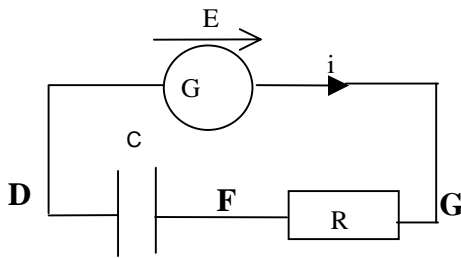
Circuit RL : question 3)

Schéma 3



Circuit RC : question 1) a)

Schéma 4



Circuit RC : question 1) b)

Schéma 5

