

BACCALURÉAT GÉNÉRAL

Session 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

La feuille d'annexe (page 10/10)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

EXERCICE I : DE L'IMPORTANCE DE L'EAU OXYGÉNÉE (7 points)

Synthétisée pour la première fois en 1818 par le Baron Louis Jacques Thénard, l'eau oxygénée ou peroxyde d'hydrogène H_2O_2 est d'une très grande utilité et d'une grande importance économique. Elle est utilisée pour le blanchiment de la pâte à papier et des textiles naturels ou synthétiques, le désencrage des vieux papiers et le traitement des eaux usées. C'est également un antiseptique pharmaceutique et un agent de stérilisation en industrie alimentaire.

L'eau oxygénée peut être synthétisée à partir du dihydrogène gazeux et du dioxygène gazeux par une réaction dont l'équation s'écrit : $H_{2(g)} + O_{2(g)} = H_2O_{2(l)}$

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. Préparation du dihydrogène par électrolyse

Données :

Couples oxydant/réducteur : $Cl_{2(g)}/Cl_{(aq)}^-$; $H_{(aq)}^+/H_{2(g)}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Volume molaire dans les conditions de l'expérience : $V_m = 30,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le dihydrogène nécessaire à la synthèse de l'eau oxygénée doit être très pur. Il est obtenu par électrolyse d'une saumure, c'est-à-dire d'une solution aqueuse concentrée de chlorure de sodium ($Na_{(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$). Le schéma simplifié du dispositif est représenté en **annexe à rendre avec la copie**.

- 1.1. Identifier l'anode et la cathode sur le schéma de l'**annexe à rendre avec la copie** et indiquer le sens de déplacement des différents porteurs de charge.
- 1.2. On obtient un dégagement de dichlore à l'anode et de dihydrogène à la cathode. Écrire les demi-équations des réactions se produisant aux électrodes.
- 1.3. Montrer que pour une intensité du courant I et une durée de fonctionnement Δt données, le volume de dihydrogène produit à la cathode s'écrit :

$$V_{H_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{I \cdot \Delta t \cdot V_m}{N_A \cdot e}$$

- 1.4. L'intensité du courant vaut $I = 5,00 \cdot 10^4 \text{ A}$, calculer le volume de dihydrogène produit par heure de fonctionnement.

2. Cinétique de la dismutation de l'eau oxygénée

La solution aqueuse d'eau oxygénée se décompose lentement en dioxygène $O_{2(g)}$ et en eau selon la réaction d'équation : $2H_2O_{2(aq)} = O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

On veut effectuer le suivi cinétique de cette réaction, supposée totale, à la température de $25^\circ C$. La décomposition de l'eau oxygénée étant très lente, celle-ci doit être catalysée par les ions fer III (Fe^{3+}).

À l'instant $t = 0$, on mélange :

- $V = 24 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'eau oxygénée de concentration molaire en soluté apporté $c = 2,5 \text{ mol.L}^{-1}$
- $6,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de chlorure de fer III ($Fe^{3+}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)}$)
- de l'eau distillée jusqu'à obtenir une solution de volume total $V_T = 1,0 \text{ L}$

Un dispositif permet de recueillir et de mesurer le volume de dioxygène V_{O_2} dégagé à la pression atmosphérique $P = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Le volume total de la solution $V_T = 1,0 \text{ L}$ est supposé rester constant au cours de l'expérience.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

t (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	60
V_{O_2} (mL)	0	160	270	360	440	500	540	590	610	680

On admet que dans les conditions de l'expérience, le dioxygène peut être considéré comme un gaz parfait.

On rappelle la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$ avec :

- P : pression du gaz en Pa
- V : volume du gaz en m^3
- n : quantité de matière de gaz en mol
- R : constante des gaz parfaits ; sa valeur est égale à $8,31 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$
- T : température absolue exprimée en Kelvin (K) ; T est reliée à θ , température exprimée en degré Celsius ($^\circ C$) par la relation : $T = 273,15 + \theta$

2.1. Avancement de la réaction

2.1.1. Compléter le tableau d'avancement de la réaction représenté en annexe à rendre avec la copie.

2.1.2. Calculer la valeur de l'avancement maximal x_{\max} de la réaction.

2.1.3. Établir l'expression de l'avancement $x(t)$ de la réaction en fonction du volume de dioxygène $V_{O_2}(t)$ formé.

2.1.4. Calculer sa valeur à l'instant $t = 30 \text{ min}$.

2.2. Analyse du graphe $x(t)$

2.2.1. Le graphe représentant l'avancement x en fonction du temps t est fourni en annexe à rendre avec la copie.

Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et déterminer sa valeur à partir d'une construction graphique.

2.2.2. Quelle information le graphe $x(t)$ donne-t-il sur l'évolution de la vitesse de la réaction au cours du temps ? Justifier la réponse.

2.3. Facteurs cinétiques

2.3.1. Quel facteur cinétique permet d'expliquer l'évolution de la vitesse de la réaction au cours du temps ? Interpréter microscopiquement cette évolution.

2.3.2. Dessiner sur le graphe de l'annexe l'allure de la courbe que l'on aurait obtenue si l'expérience avait été réalisée à une température plus élevée. Justifier.

2.3.3. Dire, en justifiant, si les propositions suivantes sont VRAIES ou FAUSSES dans le cas où le même mélange initial est cette fois complété avec de l'eau distillée jusqu'à obtenir une solution de volume total $V_T = 0,50 \text{ L}$:

- Proposition 1 : L'avancement final est divisé par deux.
- Proposition 2 : L'état final est atteint plus rapidement.

2.4. Importance du catalyseur

2.4.1. Rappeler la définition d'un catalyseur.

2.4.2. Lors de ce suivi cinétique, la catalyse mise en jeu est-elle homogène ou hétérogène ? Justifier.

EXERCICE II : LE CERCLE DES PLANÈTES DISPARUES (5 points)

La planète Pluton, découverte par l'américain Clyde Tombaugh en 1930, était considérée comme la neuvième planète de notre système solaire.

Le 5 janvier 2005, une équipe d'astronomes a découvert sur des photographies prises le 21 octobre 2003 un nouveau corps gravitant autour du Soleil. Provisoirement nommé 2003 UB313, cet astre porte maintenant le nom d'Éris du nom de la déesse grecque de la discorde.

La découverte d'Éris et d'autres astres similaires (2003 EL61, 2005 FY9...) a été le début de nombreuses discussions et controverses acharnées entre scientifiques sur la définition même du mot « planète ».

Au cours d'une assemblée générale, le 24 août 2006 à Prague, 2500 astronomes de l'Union Astronomique Internationale (UAI) ont décidé à main levée de déclasser Pluton comme planète pour lui donner le rang de « planète naine » en compagnie d'Éris et de Cérès (gros astéroïde situé entre Mars et Jupiter).

1. Orbite d'Éris

Éris parcourt une orbite elliptique autour du Soleil avec une période de révolution T_E valant environ 557 années terrestres.

Données :

Période de révolution terrestre : $T_T = 1,00$ an

Période de révolution de Pluton : $T_P = 248$ ans

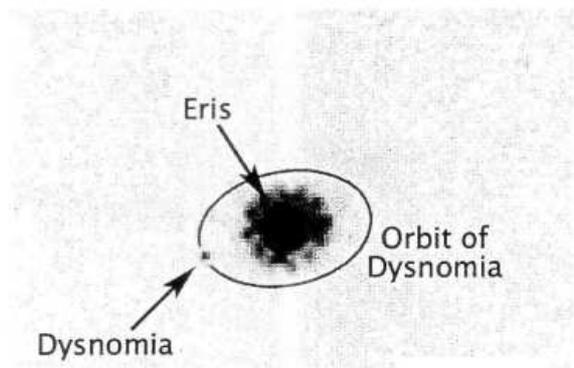
- 1.1. Énoncer précisément la troisième loi de Kepler, relative à la période de révolution d'une planète autour du Soleil, dans le cas d'une orbite elliptique.
- 1.2. L'orbite d'Éris se situe-t-elle au-delà ou en-deçà de celle de Pluton ? Justifier sans calcul.

2. Découverte de Dysnomia

Les astronomes ont découvert ensuite qu'Éris possède un satellite naturel qui a été baptisé Dysnomia (fille d'Éris et déesse de l'anarchie...).

Six nuits d'observation depuis la Terre ont permis de reconstituer l'orbite de Dysnomia.

On obtient la photographie ci-contre.



NASA, ESA, and M. Brown (California Institute of Technology)

Données :

M_E et M_D sont les masses respectives d'Éris et de Dysnomia

Masse de Pluton : $M_P = 1,31 \cdot 10^{22}$ kg

Rayon de l'orbite circulaire de Dysnomia : $R_D = 3,60 \cdot 10^7$ m

Période de révolution de Dysnomia : $T_D = 15,0$ jours $\approx 1,30 \cdot 10^6$ s

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻²

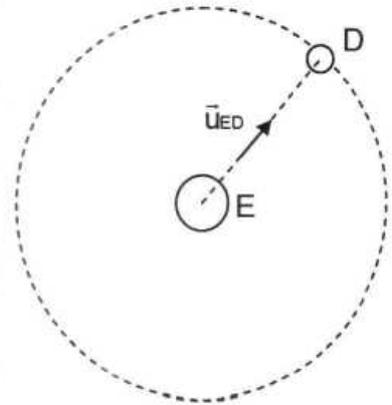
2.1. Mouvement de Dysnomia

Le mouvement de Dysnomia autour d'Éris est supposé circulaire et uniforme.

2.1.1. Définir le référentiel permettant d'étudier le mouvement de Dysnomia autour d'Éris.

Par la suite, ce référentiel sera considéré comme galiléen.

2.1.2. Établir l'expression du vecteur accélération \vec{a} du centre d'inertie de Dysnomia en fonction des paramètres de l'énoncé et d'un vecteur unitaire \vec{u}_{ED} représenté sur le schéma ci-contre.



2.1.3. Préciser la direction et le sens de ce vecteur accélération.

2.1.4. Montrer que la période de révolution T_D de Dysnomia a pour expression

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{R_D^3}{G \cdot M_E}}$$

Retrouve-t-on la troisième loi de Kepler ? Justifier.

2.2. Masse d'Éris

2.2.1. Dédurre de l'expression de T_D (question 2.1.4.) celle de la masse M_E d'Éris. Calculer sa valeur.

2.2.2. Calculer le rapport des masses d'Éris et de Pluton $\frac{M_E}{M_P}$. Expliquer alors

pourquoi la découverte d'Éris a remis en cause le statut de planète pour Pluton.

Les communications radio en "B.L.U" (Bande Latérale Unique) sont utilisées par les radio-amateurs ainsi que pour les communications maritimes. La transmission "B.L.U" permet, pour une puissance totale donnée de l'émetteur, d'avoir une plus grande portée d'émission.

Il s'agit d'une transmission en modulation d'amplitude à laquelle on retire, avant émission, une des bandes du spectre en fréquence ainsi que la porteuse. On ne conserve ainsi qu'une seule des bandes latérales comprenant l'ensemble des fréquences à transmettre. Le signal transmis contient bien toute l'information du signal modulant.

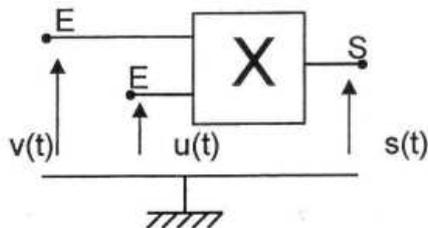
On se propose d'étudier le principe de ce type de transmission.

PARTIE A : LA MODULATION D'AMPLITUDE

1. Nécessité d'une modulation :

- 1.1. Rappeler l'intervalle des fréquences audibles par l'homme.
- 1.2. Donner au moins une raison pour laquelle il est nécessaire de procéder à une modulation pour transmettre un signal sonore par onde hertzienne.

2. Le montage de modulation utilisé en séance de travaux pratiques est le suivant :



$$v(t) = V_m \cos(2\pi Ft)$$

$$u(t) = U_m \cos(2\pi ft) + U_0$$

$$\text{avec : } F = 2,0 \text{ kHz}$$

$$f = 100 \text{ Hz}$$

$$\text{et } U_m < U_0$$

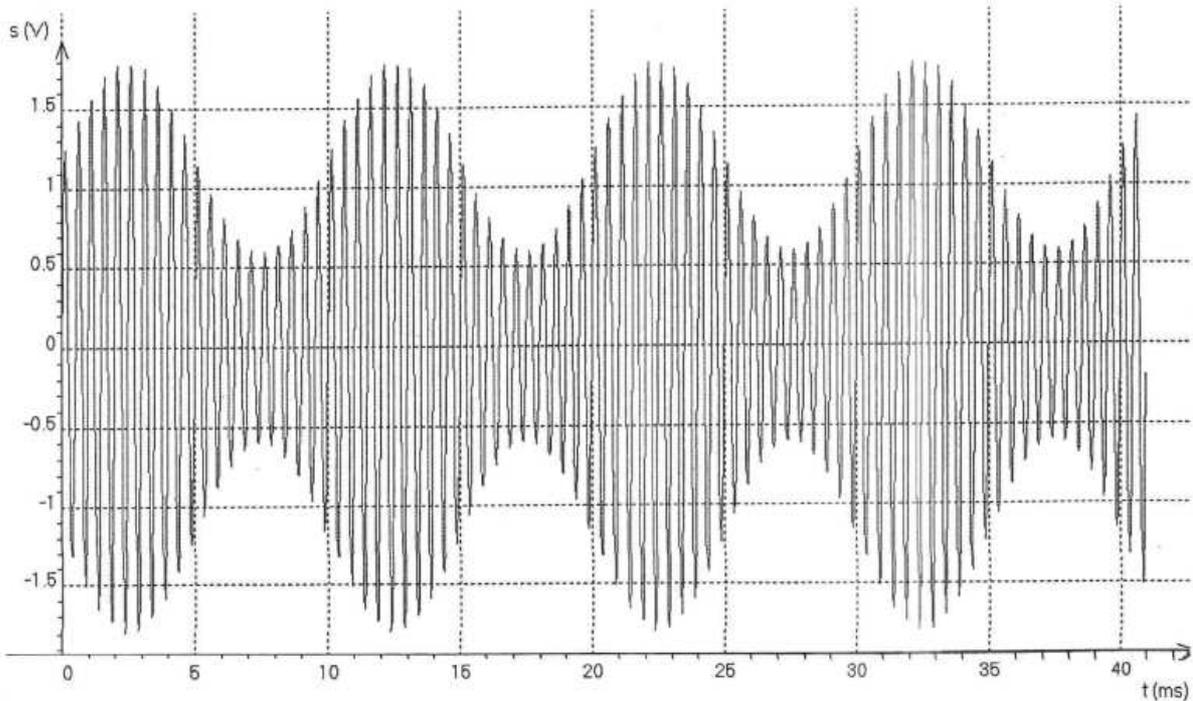
L'expression du signal de sortie $s(t)$ est de la forme $s(t) = k.u(t).v(t)$ où k est un coefficient qui dépend du circuit multiplieur "X" utilisé.

- 2.1. Quel signal correspond à la porteuse ? Justifier.
- 2.2. Montrer que $s(t)$ peut se mettre sous la forme $s(t) = A(t) \cos(2\pi Ft)$. Justifier le nom donné à ce type de modulation.

3. Qualité de la modulation :

Le taux de modulation peut s'écrire sous la forme $m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}$ où A_{\max} est la valeur maximale prise par $A(t)$ et A_{\min} sa valeur minimale.

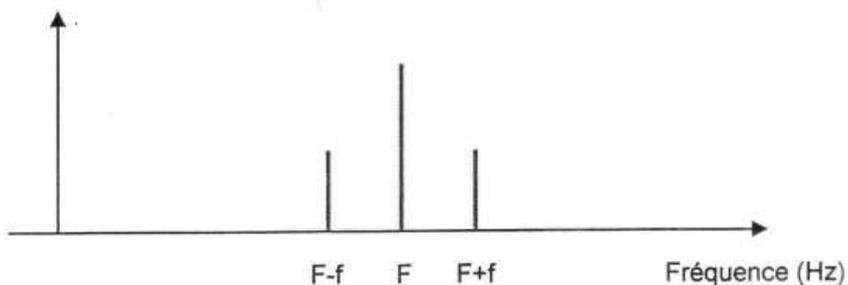
- 3.1. Quelle condition doit satisfaire m pour pouvoir effectuer une démodulation correcte par détection d'enveloppe ?
- 3.2. Déterminer la valeur du taux de modulation m en utilisant le graphe ci-dessous.



PARTIE B : L'ÉMISSION EN BANDE LATÉRALE UNIQUE

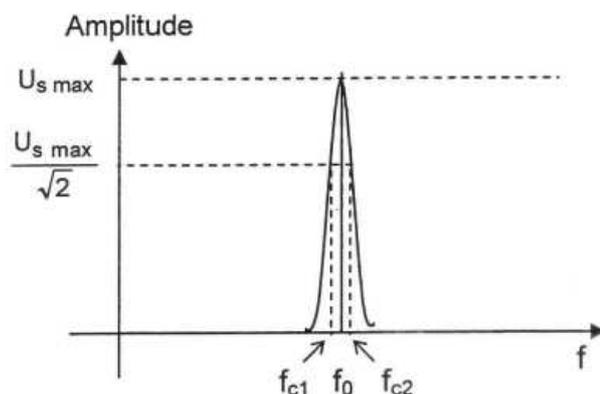
Le signal $s(t)$ peut s'écrire sous la forme de la somme de trois fonctions sinusoïdales de fréquences respectives $F - f$, F et $F + f$.

1. Dans ce cas le spectre du signal modulé $s(t)$ aura l'allure suivante :



Donner l'allure de ce spectre si on remplace le signal modulant par un signal plus complexe (voix, musique...) comportant plusieurs fréquences comprises entre deux valeurs f_{\min} et f_{\max} .

2. On utilise un filtre passe-bande pour ne conserver que la fréquence $F + f$ (ou les fréquences équivalentes dans le cas où le signal modulant est complexe). La courbe ci-dessous donne l'allure de l'amplitude U_s de la tension de sortie du filtre en fonction de la fréquence f de la tension sinusoïdale $u(t)$ d'entrée :

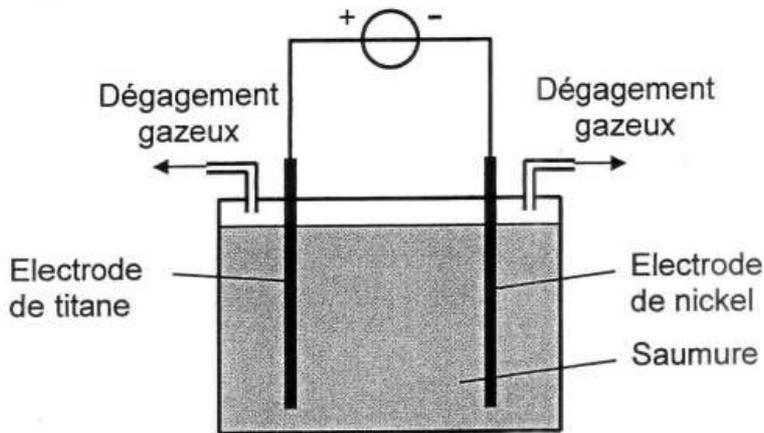


- 2.1. Justifier le nom de "filtre passe-bande" donné à ce dispositif.
- 2.2. Le filtre est constitué à partir d'une bobine d'inductance L et d'un condensateur de capacité C . On note f_0 la fréquence centrale de la bande passante du filtre.
- Montrer, par analyse dimensionnelle, que l'expression $f_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi LC}}$ peut convenir.
- 2.3. En supposant la bande passante $[f_{c1} ; f_{c2}]$ étroite, quelle valeur doit-on choisir pour f_0 ?
- 2.4. Représenter, dans ce cas, le spectre du signal obtenu à la sortie du filtre (on supposera le signal modulé tel que défini au 1.).
3. Le signal obtenu doit être amplifié avant d'être émis. Lorsqu'on amplifie un signal (quel qu'il soit) la puissance délivrée par l'amplificateur se répartit sur l'ensemble des fréquences présentes, proportionnellement à leur amplitude.

Justifier le fait que le signal "B.L.U." a une plus grande portée qu'un signal en modulation d'amplitude classique pour un émetteur de puissance donnée (ou qu'il nécessite un émetteur moins puissant pour une portée équivalente).

Annexe à rendre avec la copie

1. Préparation du dihydrogène par électrolyse :



2. Cinétique de la dismutation de l'eau oxygénée :

Tableau d'avancement :

		$2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$		
État	Avancement	Quantités de matière en mol		
État initial				Excès
En cours de transformation				Excès
État final				Excès

Avancement x en fonction du temps t

