

**Examen blanc N°2 du Baccalauréat
Année : 2020**

Discipline	Physique Chimie	Durée	4H
Série et filière	Sciences Mathématiques "A" et "B"	Coefficient	7

- La calculatrice scientifique non programmable est autorisée
- On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques

Le sujet comporte cinq exercices

• Chimie : (7 points)

Partie I : Détermination de la teneur en ions hydrogénocarbonate d'une eau minérale

Partie II : Etude cinétique d'une réaction chimique

• Physique : (13points)

- **Physique 1 : Contrôle de la qualité d'une huile alimentaire commercialisée (2,25pts)**
- **Physique 2 : Transformations nucléaires naturelles (2,25pts)**
- **Physique 3 :**
 - Partie I : Capteur capacitif et détecteur de pluie (1,25pts)**
 - Partie II : Etude énergétique des oscillations électriques libres dans le circuit RLC série (2,5pts)**
 - Partie III : Capteur des ondes électromagnétique type AM(1,75pts)**
- **Physique 4 : Etude du mouvement d'un plongeur (3pts)**

Partie I : Détermination de la teneur en ions hydrogencarbonate d'une eau minérale

Une bouteille d'eau minérale porte les indications suivantes :

On désire déterminer par titrage acido-basique, la teneur en ions hydrogencarbonate contenus dans cette eau minérale et la comparer à l'information portée sur l'étiquette.

Données : à 25°C:

- $pK_{a1}(\text{CO}_{2(\text{aq})}, \text{H}_2\text{O}/\text{HCO}_3^-(\text{aq})) = 6,4$;
- $pK_{a2}(\text{HCO}_3^-(\text{aq})/\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})) = 10,3$;
- $pK_e = 10^{-14}$; $pK_{a3}(\text{HO}_3^+(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = 0$
- Masse molaire de HCO_3^- : $61 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- $\text{CO}_{2(\text{aq})}$ désigne du dioxyde de carbone dissous dans la solution aqueuse.

Espèces chimiques	Minéralisation en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (précision à 5 %)
Sodium Na^+	5
Calcium Ca^{2+}	78
Magnésium Mg^{2+}	24
Hydrogencarbonate HCO_3^-	357
pH = 7,3	

Dans les équations ou demi-équations, on écrit $\text{CO}_{2(\text{aq})}, \text{H}_2\text{O}$ sous forme $(\text{CO}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}(\text{l}))$.

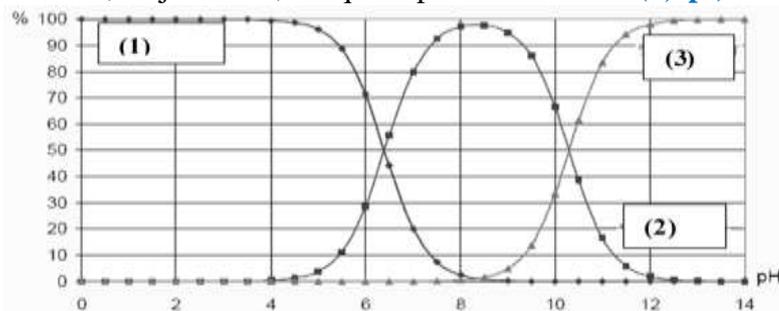
1. L'ion hydrogencarbonate :

1.1. Ecrire les demi-équations acido-basiques qui sont associées à l'ion hydrogencarbonate. Comment qualifie-t-on cet ion ? **(0,5pt)**

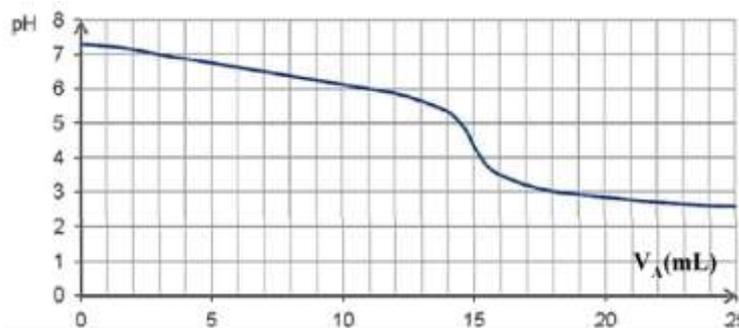
1.2. Sur un même axe gradué en pH, placer les valeurs des pKa. Préciser les domaines de prédominance des espèces acides et basiques des couples auxquels appartient l'ion hydrogencarbonate $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$. **(0,5pt)**

1.3. Pour cette eau étudiée, calculer les rapports $\frac{[\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})]}{[\text{HCO}_3^-(\text{aq})]}$ et $\frac{[\text{CO}_{2(\text{aq})}]}{[\text{HCO}_3^-(\text{aq})]}$. Les résultats sont-ils en accord avec votre réponse à la question précédente ? **(0,75pt)**

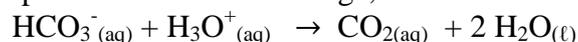
1.4. On donne le diagramme de distribution, en fonction du pH, des différentes espèces chimiques $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$, $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ et $\text{CO}_{2(\text{aq})}$. Faire associer, en justifiant, chaque espèce à sa courbe. **(0,5pt)**

**2. Dosage pH-métrique de l'eau minérale:**

Le titrage a été effectué sur un échantillon prélevé de volume $V = 50,0 \text{ mL}$ d'eau minérale à étudier. Cet échantillon a été titré par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) de concentration molaire $C_A = 0,0200 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Le suivi par pH-métrie de ce titrage a permis de tracer la courbe d'évolution du pH en fonction du volume d'acide versé V_A ci-dessous.



2.1. La réaction chimique qui se produit au cours du dosage, s'écrit :



Exprimer la constante de réaction K associée à la transformation chimique puis Calculer sa valeur. **(0,5pt)**

2.2. Décrire en trois lignes, la méthode graphique qui permet de repérer le point d'équivalence E. on donne $E(V_{AE} = 15 \text{ mL}, \text{pH}_E = 4,5)$. **(0,5pt)**

2.3. Calculer la concentration massique en ions hydrogencarbonate dans cette eau minérale. La comparer avec l'indication portée sur l'étiquette et conclure. **(0,5pt)**

3. Dosage colorimétrie

3.1. Le dosage des ions hydrogencarbonate peut être réalisé par colorimétrie en utilisant un indicateur coloré. Parmi les indicateurs colorés proposés, quel est celui qui est le plus approprié à ce dosage ? Justifier. (0,25pt)

Zone de virages de quelques indicateurs colorés

Indicateur coloré	Forme acide	Forme basique	Zone de virage
Bleu de bromophénol	Jaune	Bleu	3,1 - 4,5
Vert de bromocrésol rhodamine	Jaune	Bleu	3,8 - 5,4
Bleu de bromothymol	Jaune	Bleu	6,0 - 7,6
Phénolphtaléine	Incolore	Rose	8,2 - 10,0

3.2. Dans les eaux minérales destinées à l'alimentation, l'alcalinité (synonyme de basicité) est principalement due à la présence d'ions carbonate $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ et hydrogencarbonate $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$.

« Le TAC (Titre Alcalimétrique Complet), exprimé en degrés français ($^\circ\text{f}$), est la valeur du volume d'acide (exprimée en mL) à une concentration molaire $C_A = 0,0200 \text{ mol.L}^{-1}$ en ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ nécessaire pour doser 100,0 mL d'eau en présence de vert de bromocrésol rhodamine. Le niveau guide dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 50°f ».

Trouver le TAC de l'eau minérale dosée précédemment en supposant que le volume nécessaire à l'équivalence, en présence de vert de bromocrésol rhodamine, reste inchangé.

Le comparer à la valeur tolérée par le corps humain 50°f . (0,5pt)

Partie II : Etude cinétique d'une réaction chimique

L'équation chimique associée à la réaction étudiée s'écrit :



À un instant choisi comme date $t = 0$, on introduit de l'éthanoate d'éthyle $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2(\text{aq})$ dans un bécher contenant une solution de soude ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$). On obtient un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ de solution où les concentrations de toutes les espèces chimiques valent $C_0 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} = 10 \text{ mol.m}^{-3}$. La température est maintenue égale à 30°C . On plonge dans le mélange la sonde d'un conductimètre qui permet de mesurer à chaque instant la conductivité σ de la solution. Le tableau ci-dessous regroupe quelques valeurs.

t en min	0	5	9	13	20	27	∞
σ en S.m^{-1}	0,250	0,210	0,192	0,178	0,160	0,148	0,091

$t = \infty$: correspond à un instant de date très grande où la transformation chimique est supposée terminée.

Données : Conductivités molaires ioniques λ en $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

$$\lambda_{\text{Na}^+} = 5,0 \cdot 10^{-3} ; \lambda_{\text{HO}^-} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ et } \lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} = \lambda_{\text{A}^-} = 4,1 \cdot 10^{-3}$$

1. Copier et compléter le tableau d'avancement ci-dessous. (0,5pt)

Réaction		$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{CO}_2^-(\text{aq}) + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{aq})$					
Instant	Avancement						
0	0	$C_0 \cdot V$	$C_0 \cdot V$	$C_0 \cdot V$	$C_0 \cdot V$		
t	X						
∞	X_m						

2. Montrer que la conductivité de la solution à l'instant $t = 0$ et au bout d'une durée très grande, sont :

$$\sigma_0 = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{HO}^-}) \cdot C_0 \text{ et } \sigma_\infty = (\lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{A}^-}) \cdot C_0 \quad (0,5\text{pt})$$

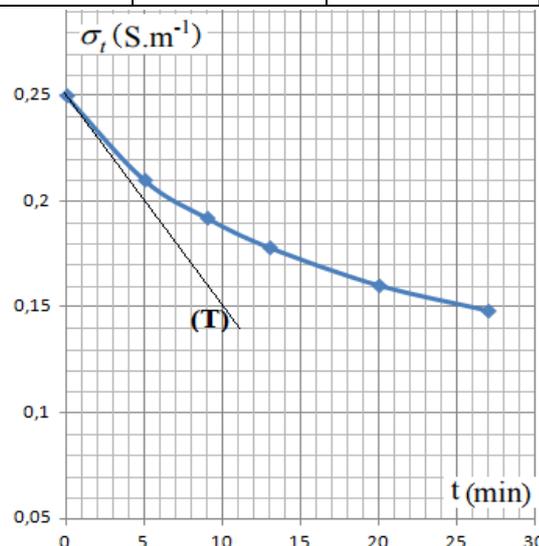
3. Montrer que l'avancement $x(t)$ peut être exprimé par :

$$X(t) = C_0 \cdot V \cdot \frac{\sigma_0 - \sigma_t}{\sigma_0 - \sigma_\infty} \quad (0,5\text{pt})$$

4. Le graphe ci-contre représente l'évolution de la conductivité σ_t en fonction du temps. (T) est la tangente à la courbe à $t=0$.

4.1. Calculer en $\text{mol.m}^{-3}.\text{s}^{-1}$, la vitesse volumique initiale et finale de la réaction. (0,5pt)

4.2. Calculer la valeur de $\sigma_{1/2}$ et trouver la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$. (0,5pt)



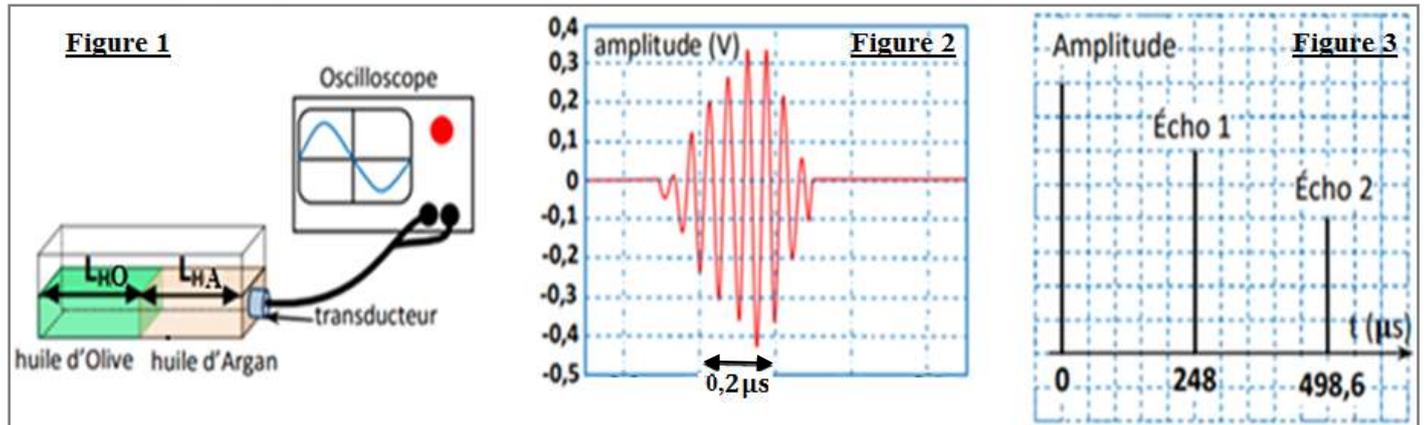
Physique 1 : (2,25pts) Contrôle de la qualité d'une huile alimentaire commercialisée

L'une des techniques utilisées pour combattre les fraudes dans le domaine agro-alimentaire, est la technique des ultrasons. Cet exercice a pour but de déterminer les célérités des ondes ultrasonores dans deux huiles naturelles, puis de savoir si une huile commercialisée est de bonne qualité ou mélangée avec une huile de table.

Pour déterminer les célérités des ondes ultrasonores dans l'huile d'Argan et dans l'huile d'Olive, on réalise le montage ci-dessous. Le transducteur émet un train d'onde ultrasonore et reçoit les échos chaque fois qu'il y a passage d'un milieu à un autre différent.

La figure 1 montre le schéma du montage. Les courbes ci-dessous représentent la salve émise (figure 2) et les pics obtenus, après traitement des données (figure 3).

On donne : $L_{HA} = L_{HO} = 0,200$ m.



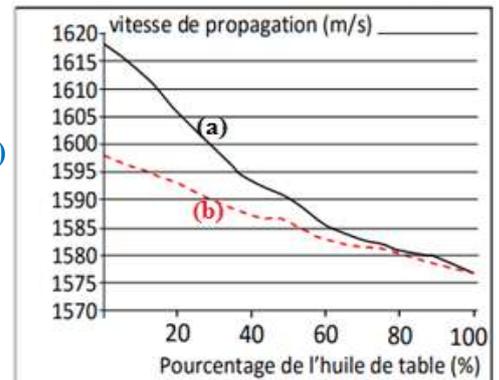
1. Quelles sont les différences entre ondes sonores et les ondes ultrasonores ? Quelle est la fréquence minimale des ultrasons ? (0,25pt)
2. Vérifier que la fréquence de l'onde ultrasonore utilisée est : $f = 20$ MHz. (0,25pt)
3. Déterminer V_{HA} et V_{HO} , les célérités respectives de l'onde dans l'huile d'Argan et l'huile d'Olive. (0,5pt)
4. Les deux courbes ci-contre représentent les variations des célérités des ultrasons dans les deux huiles en fonction du pourcentage massique de l'huile de table que contient chacune d'elle. Laquelle des deux courbes est celle de l'huile d'olive ? Justifier. (0,25pt)
5. Lors d'un contrôle de qualité d'une huile commercialisée en tant qu'une huile d'Olive, un technicien a pu déterminer la célérité de l'onde ultrasonore dans cette huile.

Cette célérité vaut $V_{hc} = 1590$ m/s.

5.1. Cette huile est-elle une huile pure ? Justifier (0,25pt)

5.2. Calculer le volume de l'huile de table que contient un litre d'huile contrôlée. (0,75pt)

Données : - Masse volumique de l'huile commercialisée : $\rho_{hc} = 0,885$ g/mL;
- Masse volumique de l'huile de table : $\rho_{hT} = 0,895$ g/mL.



Physique 2 : (2,25pts) Transformations nucléaires naturelles

À l'état naturel, l'élément uranium comporte principalement les isotopes ${}_{92}^{238}\text{U}$ et ${}_{92}^{235}\text{U}$ avec une abondance isotopique moyenne respectives 99,3% et 0,7%.

L'isotope ${}_{92}^{238}\text{U}$ est très peu radioactif. Il conduit à la formation du nucléide de plomb stable ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ suit à une série de désintégrations successives.

L'isotope ${}_{92}^{235}\text{U}$ lui aussi radioactif représente le seul noyau fissile existant à l'état naturel. Il sert de combustible pour les réacteurs et d'explosif pour l'arme atomique.

Des analyses effectuées, à un instant de date t , sur plusieurs échantillons pris de différents endroits d'une mine d'uranium à la région d'Oklo au Gabon ont données les résultats suivants :

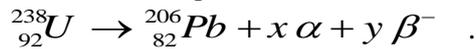
- La mesure -a- : le rapport du nombre de noyaux de plomb -206 sur le nombre de noyaux

$$\text{d'uranium -238 est : } \frac{N_t({}^{206}_{82}\text{Pb})}{N_t({}^{238}_{92}\text{U})} = 0,35 .$$

- La mesure -b- : l'abondance isotopique de l'uranium-235 dans quelques endroits de cette mine est très inférieur à la valeur moyenne 0,7% .

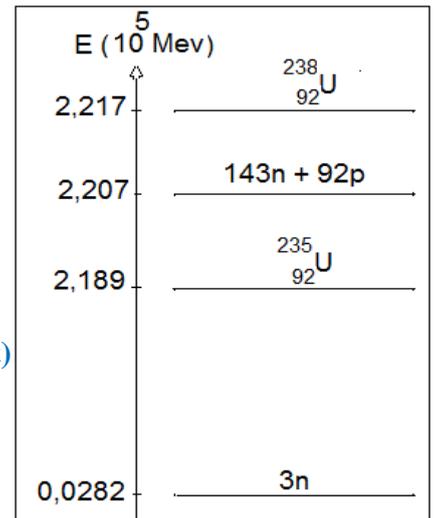
1. L'exploitation de la mesure -a- :

Suite à une série de désintégrations spontanées et successives de type α et β^- , le noyau d'uranium 238 se transforme au noyau de plomb 206 selon l'équation suivante :



On donne : - la période radioactive de l'uranium -238 : $t_{1/2} = 4,5.10^9 \text{ ans}$

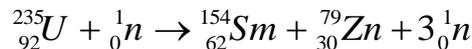
- 1.1. Déterminer les valeurs de x et celle de y . **(0,5pt)**
- 1.2. En s'aidant du diagramme d'énergie ci-contre, calculer l'énergie de liaison par nucléon des deux isotopes ${}^{238}_{92}\text{U}$ et ${}^{235}_{92}\text{U}$. Comparer leurs stabilités. **(0,5pt)**
- 1.3. On considère qu'au moment de sa formation cette mine ne contient pas de plomb. Calculer l'âge t du mine d'uranium. **(0,5pt)**



2. L'interprétation du résultat de la mesure -b- :

Le résultat de la mesure -b- est interprété par une fission nucléaire naturelle identique à celle qui se produit par induction dans les réacteurs nucléaires.

Cette fission naturelle est modélisée par l'équation suivante :



On donne :

$$m({}^{154}_{62}\text{Sm}) = 153,88819\text{u} ; m({}^{235}_{92}\text{U}) = 234,99346\text{u} ; m(\text{n}) = 1,0086\text{u} ; m({}^{79}_{30}\text{Zn}) = 78,9262\text{u}$$

$$1\text{MeV} = 1,6.10^{-13}\text{J} ; 1\text{u} = 931,5\text{MeV}.C^{-2} ; 1\text{u} = 1,66.10^{-27}\text{Kg}$$

- 2.1. Calculer l'énergie nucléaire libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235. **(0,25pt)**
- 2.2. Si on considère que l'énergie nucléaire produite se transforme intégralement en énergie thermique avec une puissance moyenne $P = 100\text{kW}$. Calculer la masse d'uranium-235 consommée par cette réaction en une année. **(0,5pt)**

Physique 3: (5,5pts) Les trois parties I, II et III sont indépendantes

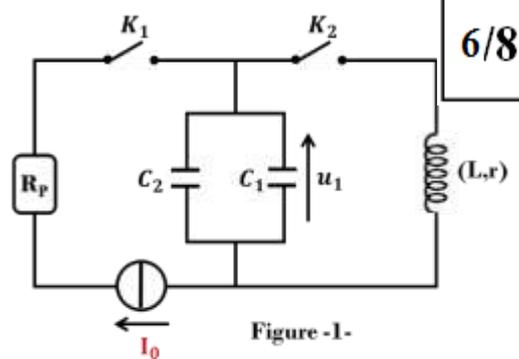
Les capteurs conviennent à de vastes domaines d'application comme les Capteurs de pluie montés sur un pare-brise des voitures pour le déclenchement automatique des essuie-glaces. Ce dispositif est équivalent à un circuit comportant deux condensateurs de capacités, C_1 en présence d'eau et C_2 en condition sèche.

Un tel capteur présente une bonne sensibilité à l'eau dès une très faible épaisseur. Une goutte d'eau, déposée au centre du capteur, provoque une sensibilité supérieure à 12%. La sensibilité (en %) du capteur de pluie est définie comme :

$$S = \frac{C_2}{C_1} \times 100$$



On réalise le circuit de la **fig. -1-** qui comprend une bobine d'inductance $L = 0,1 \text{ mH}$ et de résistance r , et un générateur idéal de courant constant d'intensité $I_0 = 200 \text{ mA}$ connecté en série à une résistance de protection R_p et aux deux condensateurs (C_1) et (C_2) branchés en parallèle. Le circuit est muni de de deux interrupteurs K_1 et K_2 . **On donne :** $C_1 = 6,5 \text{ nF}$.

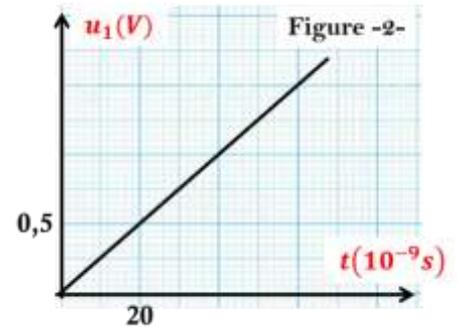


6/8

Partie I : Capteur capacitif et détecteur de pluie

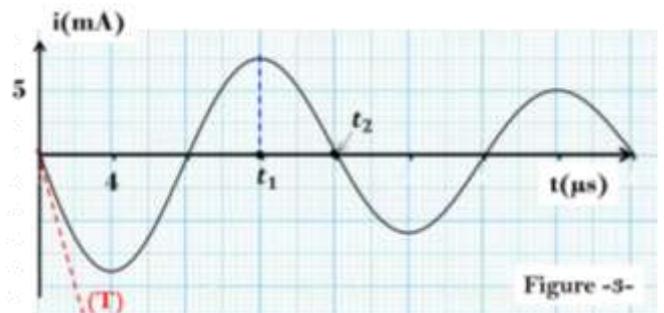
On ferme l'interrupteur K_1 (K_2 ouvert) à l'instant $t=0\text{s}$. la courbe de la **fig. -2-** montre les variations de la tension $u_1 = f(t)$.

1. Quel est l'intérêt pratique de brancher les deux condensateurs en parallèle ? **(0,25 pt)**
2. Montrer que la tension u_1 aux bornes de condensateur (C_1) peut s'exprimer sous la forme : $u_1 = \frac{I_0}{C_{eq}} \cdot t$? Donner l'expression de C_{eq} en fonction de C_1 et C_2 ? **(0,5 pt)**
3. En déduire de la courbe $u_1 = f(t)$ de la **fig. -2-**, la valeur de la capacité C_2 ? Déduire si l'eau de pluie provoquera-t-il le déclenchement automatique des essuie-glaces? **(0,5 pt)**



Partie II : Etude énergétique des oscillations électriques libres dans le circuit RLC série

Lorsque la tension u_1 prend la valeur maximale U_m , on ouvre K_1 et on ferme K_2 à un instant pris comme nouvelle origine de temps ($t=0\text{s}$). Un système informatisé d'acquisition de données permet de relever l'évolution du courant circulant dans le circuit en fonction de temps (**Fig. -3-**). La droite (T) représente la tangente à la courbe $i = f(t)$ à $t=0\text{s}$. On posera $\beta = \frac{R_T}{2L}$ et $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{eq}}}$ avec R_T est la résistance totale du circuit.



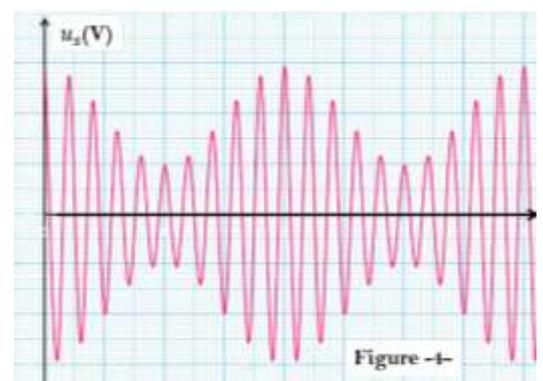
- 2.1 Etablir, en fonction de β et ω_0 , l'équation différentielle vérifiée par le courant $i(t)$? **(0,5 pt)**
- 2.2 Montrer que $\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{U_m}{L}$ à l'instant $t=0\text{s}$? **(0,5 pt)**
- 2.3 En déduire l'énergie maximale qui peut emmagasiner dans le condensateur (C_1) ? **(0,5 pt)**
- 2.4 On donne $E_1 = e^{2\beta(t_2-t_1)}$ avec E_1 et E_2 sont respectivement les énergies totales du circuit aux instants t_1 et t_2 .
 - 2.4.1 Entre les instants t_1 et t_2 , le condensateur (C_1) se charge-t-il ou se décharge-t-il ? justifier la réponse ? **(0,25 pt)**
 - 2.4.2 Sachant que $E_2 = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ J}$, trouver la valeur de r ? **(0,75 pt)**

Partie III : Capteur des ondes électromagnétique type AM

A la réception, un capteur détecte, par voie hertzienne, un signal modulé en amplitude AM à la fréquence F_p sous la forme d'une tension électrique s'écrit :

$$u_s(t) = 12K[1.m.\cos(8.10^3\pi t)]\cos(2\pi F_p t)$$

Avec $k > 0$ et m est le taux de modulation d'amplitude. On donne U_{\max} et U_{\min} respectivement, l'amplitude maximale et minimale du signal $u_s(t)$. A l'aide d'un oscilloscope on obtient l'enregistrement ci-dessous (**Fig. -4-**) représentant les variations de $u_s(t)$ en fonction de temps.

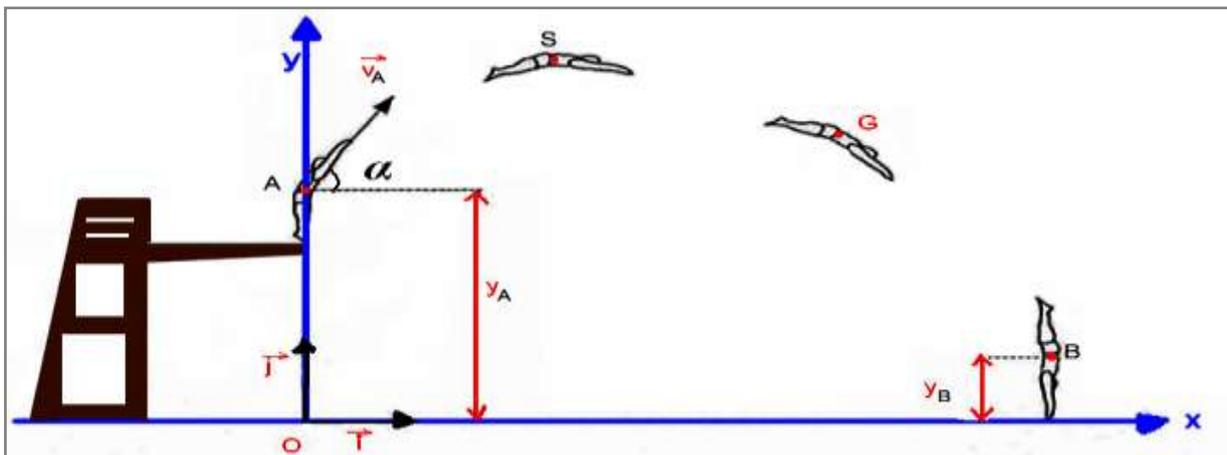


- 3.1 Déterminer, en kHz, la valeur de la fréquence F_p détectée par ce capteur ? (0,5 pt)
 3.2 Exprimer U_{\max} puis U_{\min} en fonction de k et m ? (0,5 pt)
 3.3 En déduire la valeur de m et de k ? (0,5 pt)
 3.4 La qualité de modulation est-elle bonne ou mauvaise ? Justifier la réponse ? (0,25 pt)

Physique 4 : (3pts) Etude du mouvement d'un plongeur

La plongée sous-marine est l'un des sports importants du corps humain, et c'est l'un des sports olympiques qui nécessite la maîtrise d'un grand effort physique et des connaissances théoriques. Dans un premier temps, nous proposons dans cet exercice d'étudier le mouvement du centre d'inertie G d'un plongeur de masse m lors de son saut. Dans un deuxième temps, son mouvement dans l'eau.

Nous étudions le mouvement du centre d'inertie G du plongeur dans le repère $(O; \vec{i}; \vec{j})$ représenté sur la figure Ci-dessous où l'axe Ox est situé à la surface de l'eau. Nous considérons le référentiel lié à la terre Galiléen.



Les parties I et II sont indépendantes

Partie I : saut en plongée

Dans cette partie, nous négligeons toutes les actions de l'air.

À un moment que nous considérons comme origine des dates $t=0s$, le centre d'inertie G du plongeur part du point A , qui est à une hauteur h de la surface de l'eau, avec une vitesse initiale \vec{V}_A qui fait un l'angle α avec le plan horizontal passant par A ; Voir figure 1.

On prend : $\alpha = 80^\circ$; $y_A = 4,0m$; $g = 9,8m.s^{-2}$.

- En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation de la trajectoire du centre d'inertie G du plongeur s'écrit sous la forme:

$$y = \frac{-1}{2} \cdot \frac{g}{v_A^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan \alpha + y_A \quad (0,5pt)$$

- Le point S représente le sommet de la trajectoire dont l'abscisse est $x_s = 28cm$.

Montrer que $V_A = 4m.s^{-1}$. (0,5pt)

- Les mains du plongeur atteignent la surface de l'eau à l'instant t_B où l'ordonnée de son centre d'inertie G est $y_B = 1m$. Calculer la vitesse V_B du centre G à l'instant t_B et la valeur de l'angle β que forme le vecteur vitesse \vec{V}_B avec l'axe Ox . (0,5pt)

Partie II: le mouvement du plongeur dans l'eau.

Nous considérons le mouvement du centre d'inertie G du plongeur dans l'eau verticale, et l'origine des dates ($t=0s$) l'instant où G atteint la surface de l'eau.

En se déplaçant dans l'eau, le plongeur subit à une force de frottement fluide \vec{f} , qui a la même direction que le vecteur vitesse \vec{V}_G du centre d'inertie G du plongeur et le sens opposé à celui de \vec{V}_G et d'intensité $f = k.v_G^2$ où k est une constante.

On donne:

- Le volume du plongeur : $V = 6,5.10^{-2} m^3$.
 - La masse du plongeur : $m = 70kg$.
 - La masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00 \times 10^3 kg.m^{-3}$.
 - $g = 9,8m.s^{-2}$; $k = 150kg.m^{-1}$
1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la composante V_G du vecteur vitesse du centre d'inertie G du plongeur s'écrit :

$$\frac{dv_G}{dt} - \frac{k}{m}.v_G^2 + g.\left(1 - \frac{\rho.V}{m}\right) = 0 \quad (0,5pt)$$

2. Déterminer la valeur de la vitesse limite V_ℓ du mouvement. (0,25pt)
3. En utilisant la méthode d'Euler, compléter le tableau suivant : (0,75pt)

$t(s)$	$v_G(m.s^{-1})$	$a_G(m.s^{-2})$
$t_n = 1,44 \times 10^{-1}$	$v_G(t_n) = -2,21$	$a_G(t_n) = \dots\dots\dots$
$t_{n+1} = 1,56 \times 10^{-1}$	$v_G(t_{n+1}) = \dots\dots\dots$	$a_G(t_{n+1}) = \dots\dots\dots$

Fin :