

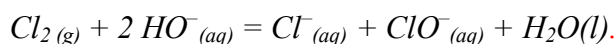
Bac Blanc Sciences Physiques.

durée de l'épreuve : 3h30
calculatrice autorisée
le sujet complet comporte **9 pages**

Exercice I : L'eau de javel (9 points)

Connue depuis plus de deux siècles, l'eau de javel reste un produit chimique d'utilisation courante, présent dans près de 95 % des foyers français. C'est un désinfectant très efficace contre les contaminations bactériennes et virales.

L'eau de javel est une solution aqueuse contenant du chlorure de sodium, $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$, de l'hypochlorite de sodium, $\text{Na}^+ + \text{ClO}^-$, et de la soude, $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$. Elle est fabriquée en dissolvant du dichlore gazeux dans une solution de soude selon la transformation associée à la réaction :



Le principe actif de l'eau de Javel qui lui confère son caractère oxydant est l'ion hypochlorite ClO^- .

A. Définition du « degré chlorométrique »

En France et dans les pays francophones, la concentration d'une eau de javel est donnée en degré chlorométrique : le degré chlorométrique d'une eau de Javel est égal au volume de dichlore gazeux, exprimé en litre, nécessaire pour fabriquer un litre de solution. Ce volume est déterminé dans les conditions de température et de pression telles que le volume molaire soit $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$.

1. Etablir la relation entre la concentration molaire des ions hypochlorite et le degré chlorométrique d'une solution en supposant la transformation totale. On notera d_{chl} le degré chlorométrique d'une solution.
2. *Application* : l'industrie fabrique des extraits de Javel titrant 48° chlorométrique. Calculer la concentration molaire en ions hypochlorite ClO^- d'un tel extrait.
3. Les produits courants titrent 12°, vérifier que leur concentration en ions hypochlorite est de $0,54 \text{ mol.L}^{-1}$.

B. Détermination du « degré chlorométrique »

Protocole pour déterminer la concentration C_1 des ions hypochlorite contenus dans une eau de Javel à 12° chlorométrique :

- Dissoudre 2 g d'iodure de potassium dans environ 50 mL d'eau distillée contenue dans un becher de 250 mL puis acidifier le milieu. Introduire alors un volume $V_1 = 2,0 \text{ mL}$ d'eau de Javel à doser. Il se produit une transformation chimique totale associée à la réaction (1). Dans ces conditions, les ions iodure ont été introduits en excès. Après agitation une coloration brune apparaît.
- Préparer une burette avec une solution titrée de thiosulfate de sodium ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}, 2\text{Na}^+$) de concentration $C_2 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Ajouter progressivement la solution de thiosulfate jusqu'à ce que la solution soit jaune pâle. Introduire alors quelques gouttes d'empois d'amidon dans le milieu, puis terminer le dosage goutte à goutte jusqu'à décoloration complète du mélange réactionnel. On note réaction (2) la réaction de titrage utilisée.

1. Analyse du protocole.

La réaction (1) met en jeu les couples $\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ et $\text{I}_2_{(\text{aq})} / \text{I}^-_{(\text{aq})}$.

La réaction (2) met en jeu les couples $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ et $\text{I}_2_{(\text{aq})} / \text{I}^-_{(\text{aq})}$.

a. Écrire les demi équations d'oxydoréduction correspondantes et établir l'équation chimique de la réaction (1). A quoi est due la coloration brune qui apparaît ? Quelle conséquence a le fait qu'on ait introduit l'iodure en excès ?

Question complémentaire : établir un tableau descriptif pour cette réaction et déduire la relation entre C_1 , V_1 et la quantité de diiode ($n(\text{I}_2)$) qui apparaît.

- b. Etablir l'équation chimique de la réaction (2).
 c. Quelle verrerie utilise-t-on pour mesurer les 50 mL d'eau distillée ? Les 2 mL d'eau de Javel à doser ? Justifier.
 d. Faire un schéma du dispositif de titrage.
 e. Quel est le rôle de l'empois d'amidon ?
 f. Définir l'équivalence. Etablir la relation d'équivalence lors du titrage à partir d'un tableau d'avancement puis en déduire la relation entre le volume versé à l'équivalence $V_{2,E}$ et la concentration C_1 .
2. Résultat d'une expérience : la décoloration intervient lorsqu'on a versé 19,9 mL de la solution de thiosulfate. Calculer la concentration C_1 de l'eau de Javel utilisée, puis son degré chlorométrique. Comparer le à l'indication de l'étiquette.

C. Stabilité d'une eau de Javel

L'ion hypochlorite est capable d'oxyder l'eau en dioxygène. Il est alors réduit en ion chlorure. Les couples mis en jeu sont $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ et $\text{ClO}^-_{(\text{aq})} / \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.

1. Ecrire les demi-équations d'oxydoréduction correspondantes. Montrer que l'équation chimique de la réaction (3) est : $2 \text{ClO}^-_{(\text{aq})} = 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})} + \text{O}_2(\text{g})$.

Cette réaction montre que le degré chlorométrique d'une eau de Javel est susceptible de varier au cours du temps. Afin d'étudier les conditions de stockage et de conservation des extraits et des eaux de Javel, on étudie la cinétique de la réaction de décomposition. Deux séries d'expériences ont permis de tracer les courbes en annexe.

2. On s'intéresse d'abord à la courbe notée (1) pour l'eau de Javel à 48° et à la température $\theta = 40^\circ\text{C}$.
 a. Construire un tableau d'avancement de cette réaction.
 b. Définir la vitesse volumique de la réaction.
 c. Etablir la relation entre la vitesse volumique de la réaction et la quantité de matière $n(\text{ClO}^-)$ à l'instant t . Exprimer ensuite cette même vitesse en fonction de la concentration $[\text{ClO}^-]$.
 d. Déterminer graphiquement la vitesse de la réaction au temps $t = 12$ semaines. Faire apparaître et expliciter la méthode employée sur l'annexe 1.
3. Quels facteurs cinétiques les courbes de l'annexe 1 mettent-ils en évidence ?
4. Temps de demi-réaction :
 a. Définir le temps de demi-réaction.
 b. Comparer à 40 °C les temps de demi-réaction d'un extrait à 48° et d'une eau de Javel à 12,5°.
5. Si l'on tolère une perte maximale de 10% du degré initial, quelle est, à 20 °C, la durée maximale de stockage d'un extrait à 48° ? Quelle est celle d'une eau de Javel à 12,5° ?

D. La liqueur de Daquin

On se propose d'analyser la préparation d'un antiseptique de la peau et des muqueuses, contenant de l'eau de Javel diluée, commercialisé en pharmacie sous le nom de « Liqueur de Daquin ».

On prend pour le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$.

1. L'eau de Javel et son caractère acido-basique.

Outre ses propriétés d'oxydoréduction, l'ion hypochlorite ClO^- possède également les caractères d'une base. La constante d'acidité de son couple acido-basique associé est : $K_{A1} = 3,2 \cdot 10^{-8}$.

Soit un volume d'un litre d'eau de Javel J_2 de concentration en ion hypochlorite $C_2 = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Cette eau de Javel titre alors 1,5°.

a. Quelle est la formule de l'acide dont la base conjuguée est l'ion hypochlorite ? Définir la constante d'acidité K_{A1} du couple correspondant.

b. Tracer l'allure du diagramme de distribution ou de prédominance relatif au couple ClO^- et son acide conjugué.

c. Le pH de la solution J_2 est égal à 10,9. Exprimer puis calculer la valeur du rapport des concentrations en base ClO^- et en acide conjugué.

2. Propriétés de la liqueur de Daquin.

L'activité bactéricide et virucide de l'ion hypochlorite est cent fois moins importante que celle de son acide conjugué. La liqueur de Daquin, préparée en pharmacie, est un mélange contenant de l'eau de Javel à 1,5° et d'autres espèces chimiques dont $0,238 \text{ mol.L}^{-1}$ d'ions hydrogénocarbonate HCO_3^- . Ce mélange contient, pour le colorer et le stabiliser vis-à-vis de la lumière du permanganate de potassium.

a. L'ion hydrogénocarbonate est l'acide du couple $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ de constante d'acidité K_{A2} avec $\text{p}K_{A2} = 10,3$. Montrer qu'une réaction acido-basique peut avoir lieu entre l'ion hydrogénocarbonate et les ions hydroxyde (les ions HO^- confèrent à la liqueur de Daquin son caractère basique). Écrire l'équation chimique de cette réaction.

b. Exprimer puis calculer la constante d'équilibre de cette réaction.

c. Le pH de la solution de Daquin est égal à 9,4. Pourquoi est-il inférieur au pH de la solution J_2 ? Calculer la nouvelle valeur du rapport des concentrations en base ClO^- et en acide conjugués.

d. En déduire une justification de l'utilisation de la liqueur de Daquin plutôt que l'eau de Javel J_2 pour aseptiser et désinfecter les plaies et les muqueuses.

Exercice II : Datation au carbone 14 (6 points)

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 « explosent » 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 il se décompose en un noyau Y_2 . La 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 $6,8 \cdot 10^{10}$ atomes de carbone 14.

D'après I. Berkès « La physique du quotidien »

On donne Z pour différents noyaux :

On prendra 1 an = 365 jours

H	He	C	N	O
1	2	6	7	8

A. Réactions nucléaires dans la haute atmosphère

- Le proton est représenté par le symbole ${}^1_1\text{H}$. Justifier cette écriture.
- L'équation de la réaction qui a lieu lorsque le neutron rapide éjecte un des protons du noyau d'azote peut s'écrire : ${}_0^1\text{n} + {}_7^{14}\text{N} \rightarrow {}_Z^A\text{Y}_1 + {}_1^1\text{H}$:
 - Énoncer les lois de conservation qui régissent une réaction nucléaire.
 - Vérifier qu'on obtient bien du carbone 14 comme annoncé. Préciser la composition de ce noyau.
- Désintégration du carbone 14 :
 - Écrire l'équation de la réaction qui a lieu lorsque un noyau de carbone 14 se décompose à son tour, en précisant le type de radioactivité du carbone 14.
 - Identifier l'élément Y_2 formé.

B. Phénomène de décroissance radioactive

- Donner la définition de la demi-vie $t_{1/2}$.
- Constante radioactive :
 - Établir la relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$.
 - Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de λ .
 - A l'aide du texte, calculer sa valeur en unité SI, pour la désintégration du carbone 14.
- Soit $N(t)$ le nombre moyen de noyaux radioactifs existant dans un échantillon à la date t . Le nombre moyen de désintégrations pendant une durée Δt courte devant $t_{1/2}$ est $-\Delta N$ (opposé de la variation de N) :
 - De quoi dépend ΔN (justifier) ? En déduire la relation reliant ΔN , $N(t)$, λ et Δt .
 - Déterminer le nombre de désintégrations par minute et par gramme de carbone d'un organisme au moment de sa mort.
 - Même question pour un échantillon de 1 gramme et une durée de 1 seconde. Quelle unité peut-on attribuer à ce dernier résultat ?

C. Datation au carbone 14

- Comment expliquer que la quantité moyenne de carbone 14 par kilogramme de matière (ou teneur) reste constante pour tous les organismes en vie ?
- Comment évolue la teneur en carbone 14 quand un organisme meurt ? Justifier la réponse.
- 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 10 désintégrations par minute et par gramme de carbone :
 - Déterminer le nombre de noyaux de carbone 14 subsistant dans cet échantillon.
 - Proposer un âge pour le bois de ce sarcophage.

Exercice III : Ondes ultrasonores (non spécialistes seulement – 5 points)

On étudie dans cet exercice différents phénomènes liés à la propagation des ultrasons. Dans la première partie, les expériences sont réalisées dans l'air. Dans la seconde partie, on s'intéresse au principe du sonar, le milieu de propagation étant l'eau. On peut décrire sommairement le principe de fonctionnement de l'ensemble émetteur - récepteur d'ultrasons de la manière suivante : l'émetteur contient une plaquette de céramique qui est mise en vibration par application d'une tension électrique sinusoïdale. Les vibrations de la plaquette sont communiquées au fluide (air ou eau) qui l'entoure et engendrent une onde ultrasonore sinusoïdale de fréquence identique à celle de la tension imposée à l'émetteur.

Le récepteur est constitué, comme l'émetteur, d'une plaquette de céramique réceptrice qui détecte l'onde ultrasonore venant de l'émetteur. La tension électrique qui apparaît aux bornes du récepteur est de même fréquence que l'onde détectée. Cette tension est proportionnelle à la pression exercée par le fluide sur la plaquette réceptrice.

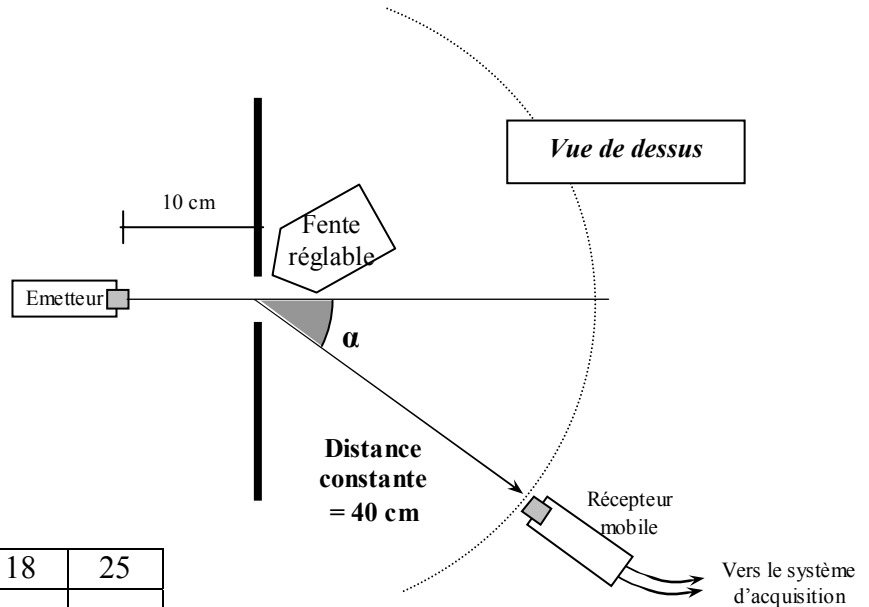
A. Ultrasons dans l'air

Données numériques : Valeur de la célérité des ultrasons dans l'air à 25°C : $v_{air} = 340 \text{ m.s}^{-1}$.
 La fréquence f de l'émetteur est réglée à la valeur 40 kHz, on utilise cette source dans l'air à 25°C.

1. Donner la définition d'une onde mécanique.
2. Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde ultrasonore générée.
3. La source est disposée à une distance d du récepteur lui faisant face. Déterminer le retard avec lequel les vibrations de la source sont transmises au récepteur. Calculer ce retard pour une distance $d = 50 \text{ cm}$.
4. Avec quel instrument de mesure ce retard peut-il être correctement évalué ? Justifier la réponse.
5. Face à la source ultrasonore, réglée comme précédemment, on place à 10 cm une plaque de métal percée d'une fente rectangulaire verticale de largeur réglable, disposée selon le schéma ci-dessous. On déplace le récepteur en le maintenant à une distance constante de 40 cm de la fente.

Un système d'acquisition permet de mesurer la tension aux bornes du récepteur. On repère la valeur de l'angle α correspondant aux maxima et aux minima d'amplitude successifs de la tension sinusoïdale mesurée.

Les résultats obtenus pour une largeur de fente égale à 40 mm sont consignés dans le tableau ci-dessous :



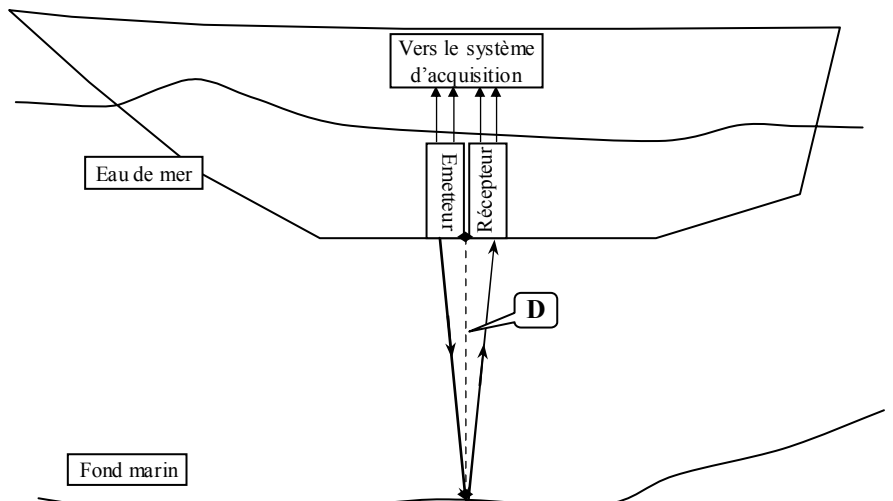
Angle α en degrés	0	12	18	25
Amplitude de la tension sinusoïdale mesurée	Maxi	min	Maxi	min

- a. Quel phénomène physique est mis en évidence par cette expérience ? La largeur de la fente a-t-elle une influence sur ce phénomène ?
- b. Tous les autres paramètres de l'expérience restant inchangés, la largeur de la fente est réduite à 20 mm. Dans quel sens varie la valeur de l'angle d'observation du premier minimum ?

B. Principe du sonar

Le sonar est un dispositif émetteur-récepteur d'ondes ultrasonores qui, remorqué par un navire, permet d'obtenir des enregistrements donnant une image à deux dimensions des fonds marins. Les dispositions de l'émetteur et du récepteur sont représentées schématiquement ci-contre :

Les "rayons ultrasonores" qui matérialisent la direction et le sens de propagation de l'onde ultrasonore sont très peu inclinés par rapport à la verticale. On considérera donc que le trajet accompli par l'onde (de l'émetteur vers le fond marin puis, après réflexion, du fond marin vers le récepteur) se fait quasiment selon la verticale.

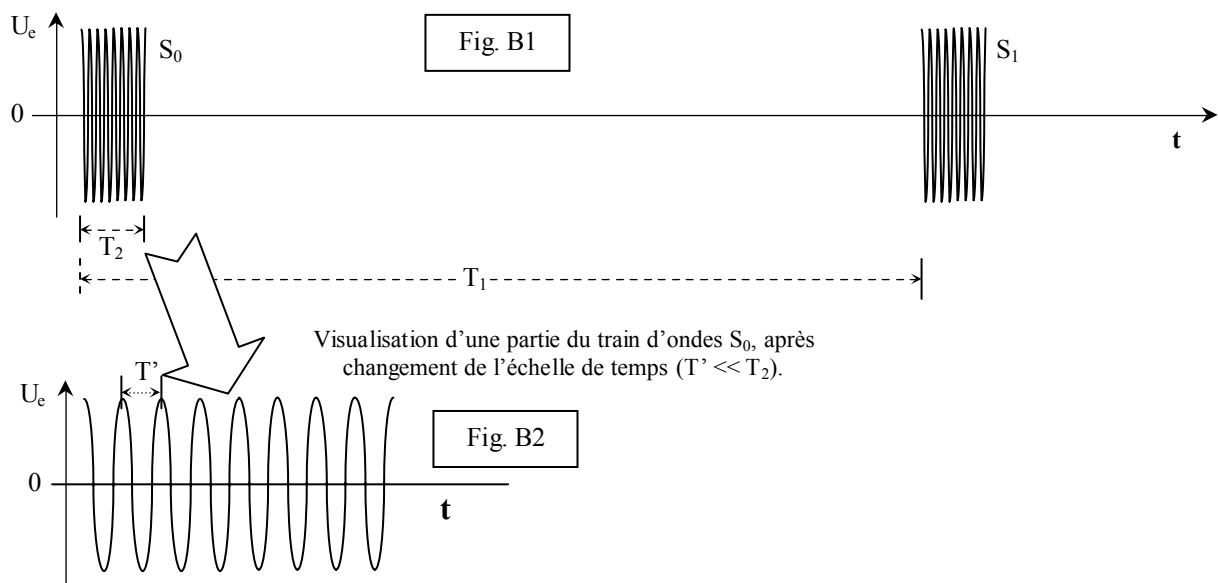


On utilise ici une tension sinusoïdale de fréquence $f' = 20 \text{ kHz}$ pour alimenter l'émetteur, la longueur d'onde dans le milieu marin étant alors $\lambda' = 7,5 \text{ cm}$.

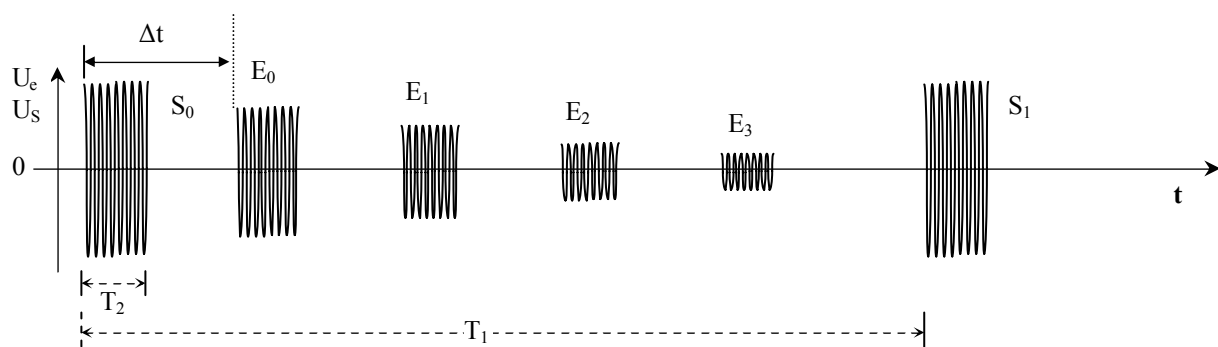
- Calculer la célérité v_{eau} des ondes émises.
- L'onde n'est pas générée par l'émetteur en continu mais par trains d'ondes d'une durée de $0,010 \text{ s}$ émis toutes les secondes. Un système d'acquisition permet de visualiser la tension U_e aux bornes de l'émetteur en fonction du temps. On obtient la représentation suivante montrant deux trains d'ondes successifs S_0 et S_1 (fig. B1).

Une visualisation de S_0 est également proposée avec une échelle de temps plus petite afin de voir les détails du signal (fig. B2) :

Utiliser les données du texte précédent pour déterminer les durées T' , T_1 et T_2 indiquées sur les schémas. Justifier, le cas échéant, par des calculs.



- On visualise maintenant une acquisition qui superpose la tension U_e aux bornes de l'émetteur (signaux S_0, S_1, \dots) et la tension U_s aux bornes du récepteur (signaux E_0, E_1, \dots). Les traces E_0, E_1, E_2, E_3 matérialisent les différents échos détectés par le récepteur.



- On appelle Δt le décalage de temps du premier écho E_0 avec le déclenchement du premier signal électrique à $t = 0 \text{ s}$. La valeur de Δt est suffisamment faible pour que l'on considère l'ensemble émetteur-récepteur comme fixe par rapport au fond pendant cette durée. Calculer la profondeur D du fond marin en un lieu où $\Delta t = 0,10 \text{ s}$.

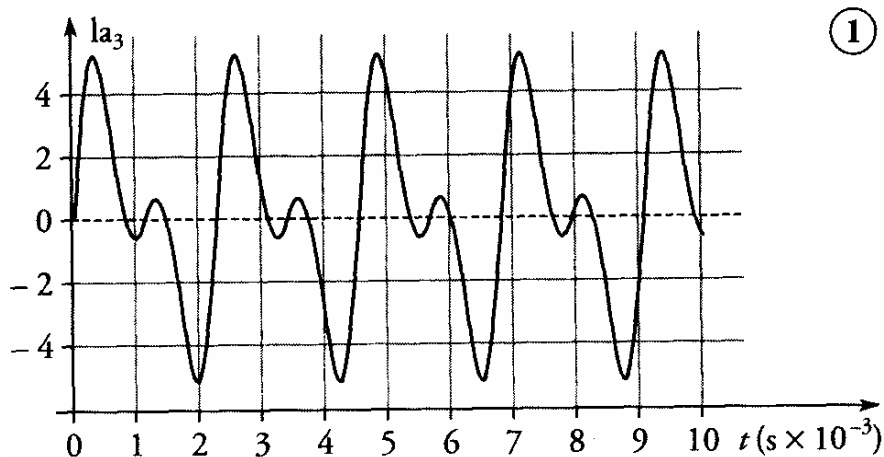
- Proposer une explication pour l'existence d'échos multiples à intervalles de temps réguliers. Pourquoi leur amplitude décroît-elle ?

Exercice IV : Dans un orchestre (spécialistes seulement - 5 points)

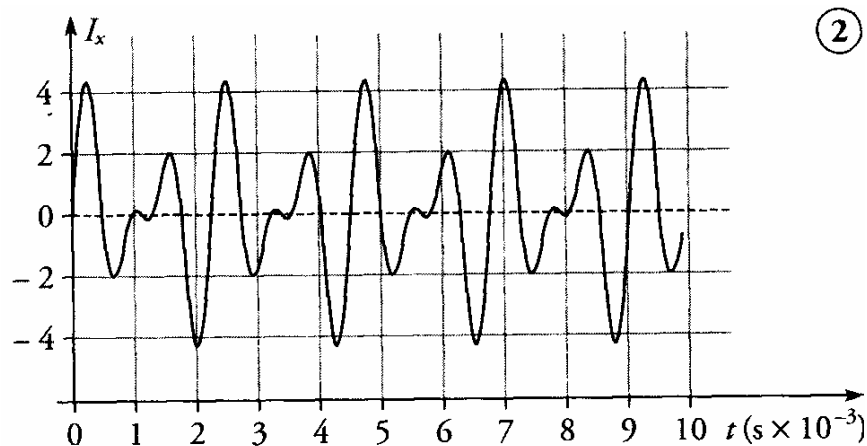
Un orchestre symphonique de quatre-vingts exécutants aborde une répétition.

A. Les instruments

1. Qu'est-ce qui distingue la même note jouée par chaque instrument ?
2. Lors de la répétition, on enregistre avec un micro relié à un système informatisé une flûte qui joue un la_3 . On obtient sur l'écran de l'ordinateur le document 1.



- a. Pourquoi dit-on que ce son est complexe ? Quelle différence y a-t-il entre ce son et un son pur ?
 - b. Déterminer la fréquence du la_3 à partir des informations fournies par le document 1.
3. Un autre instrument, noté I_x , est enregistré dans les mêmes conditions que la flûte : on obtient le document 2.



- a. Les sons donnés par la flûte et par I_x ont-ils la même hauteur ? Justifier la réponse.
- b. Lequel de ces deux instruments donne le son le plus intense ? Justifier la réponse.
- c. Qu'est-ce qui permet d'affirmer que les deux instruments n'ont pas le même timbre ?

B. Niveau sonore

On rappelle que le niveau sonore L dépend de l'intensité sonore I par la relation : $L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$,

avec $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$.

1. A quoi correspond l'intensité I_0 ?
2. Un instrument A exécute une partition; on enregistre un niveau sonore $L_1 = 70 \text{ dB}$.

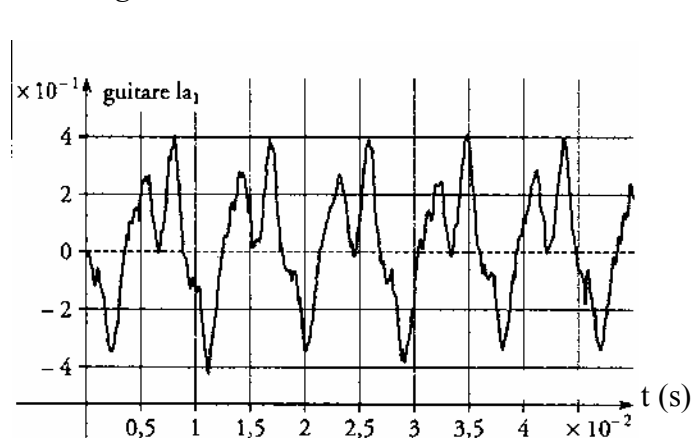
Quel niveau sonore mesure-t-on lorsque deux instruments A jouent cette même partition dans les mêmes conditions ? Justifier la réponse.

3. En jouant seul le morceau précédent, un instrument B produit un niveau sonore $L_2 = 60$ dB. Quel niveau atteint-on lorsque A et B jouent simultanément ?

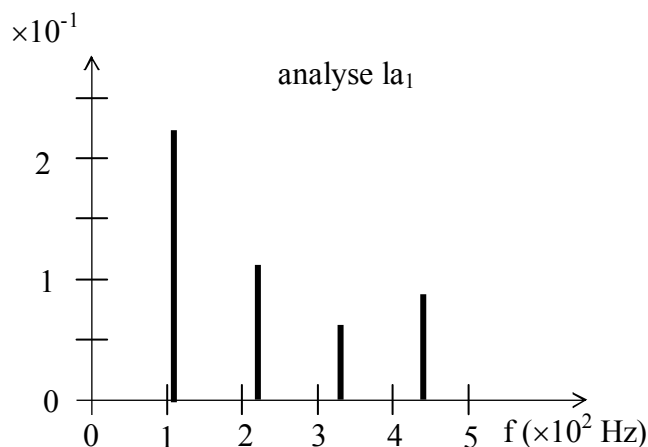
4. Selon les mesures d'un preneur de son, le niveau sonore a varié entre 140 et 180 dB au cours de ce concert par l'orchestre symphonique. Pourquoi peut-on dire que les mesures sont erronées ?

C. Modes de vibration d'une corde de guitare

On a enregistré (doc.3) la tension délivrée par un microphone correspondant au son émis par la corde n° 5 d'une guitare accordée sur le « la₁ »



Document 3



Document 4

1. Quelle est la fréquence du son émis ?
2. Une analyse spectrale a permis d'obtenir le document 4.
 - a. Quelle est la fréquence du fondamental ?
 - b. Quelles sont les fréquences des harmoniques ?
 - c. Quelle est la hauteur du son émis ?
3. Cette note est émise par vibration de la corde n° 5 de longueur 65,2 cm en un seul fuseau. Quelle est la longueur d'onde de la vibration mécanique dans la corde ? En déduire la vitesse de propagation de la vibration mécanique le long de la corde.
4. On a procédé à un autre enregistrement du son émis pour une longueur différente de la corde. La mesure de la fréquence donne $f = 150$ Hz. La tension de la corde ainsi que sa masse linéique restent identiques.
 - a. Quelle est la grandeur physique du son qui est conservée ?
 - b. La longueur de la corde est-elle plus grande ou plus petite que pour la note précédente la₁ ? Justifier.

Annexe 1 : stabilité d'une eau de Javel

