

BACCALAUREAT BLANC

SESSION février 2014

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Quelques conseils :

1. Lire la totalité du sujet plusieurs fois
2. Réserver une copie par exercice
3. Soigner la présentation et la rédaction (utiliser le brouillon !)
4. Respecter les notations et la numérotation de l'énoncé
5. Encadrer le résultat littéral et souligner l'application numérique
6. Respecter le nombre de chiffres significatifs
7. Avoir un regard critique sur les résultats (cohérent, vraisemblable)

Bon courage !

Ce sujet comporte 13 pages numérotées, y compris celle-ci.

Ne pas oublier de rendre les annexes avec votre copie.

Ce sujet comporte trois exercices qui sont indépendants les uns des autres

I- Les ondes en question (7 points)

II- Autour de l'ammoniac (8 points)

III- Fabrication d'une flûte de Pan (5 points)

EXERCICE I : Les ondes en question (7 points)

Cet exercice est un questionnaire à réponses ouvertes courtes. A chaque question peuvent correspondre aucune, une ou plusieurs propositions exactes.

Pour chacune des questions, plusieurs réponses ou affirmations sont proposées.

Inscrire en toutes lettres « vrai » ou « faux » et donner **une justification ou une explication** dans la case prévue dans le tableau figurant dans l'annexe à rendre avec la copie.

Une réponse fausse ou une absence de réponse sera évaluée de la même façon.

Les différents items sont indépendants et peuvent être traités séparément.

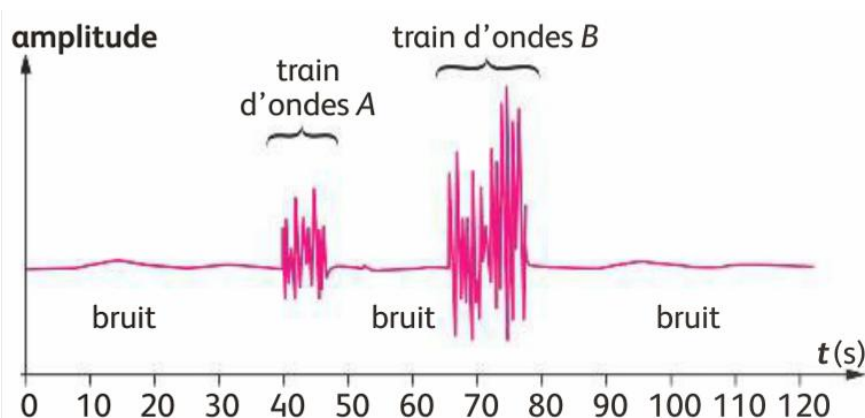
Rappels mathématiques : $\log(a) + \log(b) = \log(a \cdot b)$ et $\log(10^a) = a$

1. Ondes mécaniques

1.1. Ondes sismiques

Lors d'un séisme, la Terre est mise en mouvement par des ondes de différentes natures. On distingue les ondes P, les plus rapides, se propageant à la vitesse $v_P = 10,0 \text{ km.s}^{-1}$ et les ondes S, moins rapides, se propageant à la vitesse v_S .

Un séisme s'est produit à San Francisco en 1989. La figure ci-dessous représente le sismogramme obtenu lors de ce séisme à la station *Eureka* située au Nord de la Californie. L'origine du repère ($t = 0 \text{ s}$) a été choisie à la date du début du séisme à San Francisco. Le sismogramme présente 2 trains d'ondes repérés par A et B.



1.1.1. Le train d'ondes A correspond aux ondes P.

1.1.2. La distance séparant l'épicentre du séisme de la station de détection est $D = 400 \text{ km}$.

1.1.3. La vitesse des ondes S vaut $v_S = 6,15 \text{ km.s}^{-1}$.

1.2. Ondes à la surface de l'eau

Pour économiser la carburant, les péniches doivent avoir une vitesse au moins égale à 1,25 fois celle des ondes qu'elles créent à la surface de l'eau.

A la surface d'un canal, la célérité v des ondes créées par l'avant du bateau est donnée par la relation $v = \sqrt{g \times h}$

où $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ est le champ de pesanteur

et h la profondeur du canal en m.

On observe le sillage du bateau. La distance entre 2 crêtes successives à la surface de l'eau vaut 5 m.



Affirmations proposées :

- 1.2.1. Pour une profondeur de 3 m la célérité de la péniche vaut $v = 24,4 \text{ km.h}^{-1}$.
- 1.2.2. La longueur d'onde des ondes à la surface de l'eau est égale à 5,0 m.
- 1.2.3. La fréquence des ondes créées par la péniche est $f = 27 \text{ Hz}$

1.3. Niveau sonore

Un « concert » est donné avec 2 violons. On mesure à l'aide d'un sonomètre placé à 5 m des musiciens, le niveau sonore L produit séparément par chacun des 2 instruments précédents.

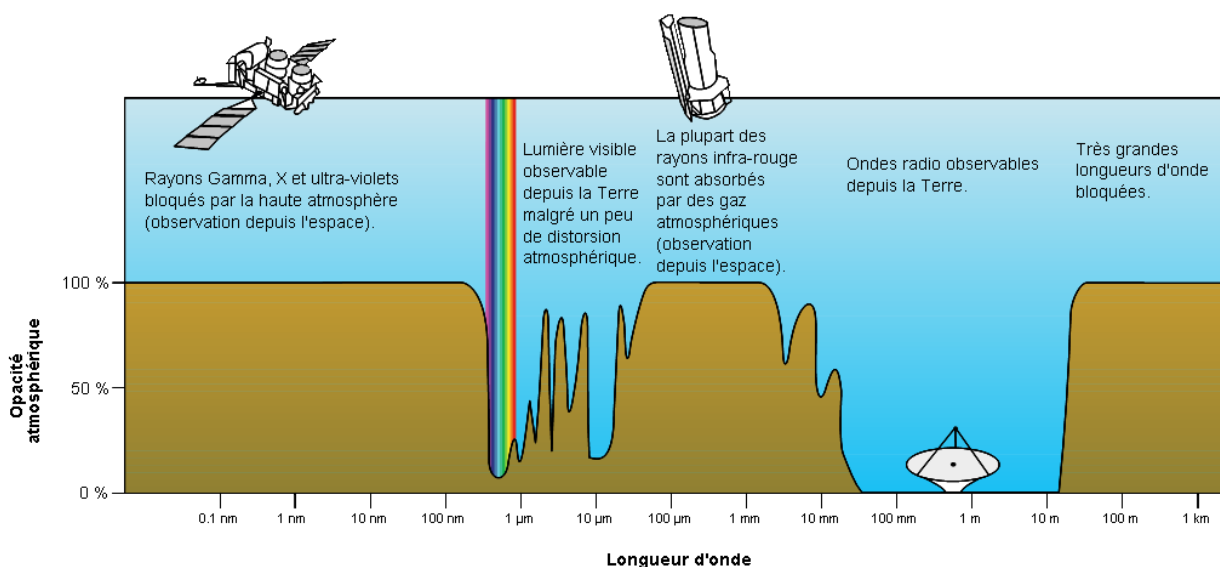
Les mesures du niveau sonore pour chaque instrument jouant seul donnent $L_1 = 70 \text{ dB}$ et $L_2 = 76 \text{ dB}$. (L'intensité sonore du violon n°1 jouant seul est $I_1 = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$)

Rappels :

- L'intensité sonore I est multipliée par 4 quand la distance d est divisée par 2.
- Le niveau sonore L dépend de l'intensité sonore : $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$ avec $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

Affirmations proposées :

- 1.3.1. L'intensité sonore du violon n°2 jouant seul est $I_2 = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ W.m}^{-2}$.
- 1.3.2. L'indication du sonomètre, placé à la distance $d = 5 \text{ m}$ des musiciens jouant simultanément est $L = 73 \text{ dB}$.
- 1.3.3. Le niveau sonore est divisé par 4 si les 2 violons jouent de la même façon à une distance $d = 10 \text{ m}$.
- 1.3.4. En supposant que chaque violon, pris indépendamment, ait un niveau sonore $L = 70 \text{ dB}$ à une distance d donnée, il faudrait 100 violons pour obtenir un niveau sonore de 90 dB.

2. Ondes électromagnétiques

2.1. Voici plusieurs propositions concernant les ondes électromagnétiques :

- 2.1.1. Dans le vide toutes les ondes électromagnétiques ont la même célérité.
- 2.1.2. La fréquence des ondes ultraviolettes est supérieure à celles des ondes infrarouges.
- 2.1.3. Les ondes radio ne sont pas absorbées par l'atmosphère terrestre.
- 2.1.4. Les longueurs d'onde des radiations du domaine visible sont comprises entre 0,400 μm et 0,800 μm .
- 2.1.5. L'observation des ondes ultra-violettes peut se faire grâce à des télescopes sur Terre.

- 2.2. Un laser émet une lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 600 \text{ nm}$ se propageant à la célérité $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Affirmations proposées :

- 2.2.1. La période de l'onde électromagnétique est $T = 2 \cdot 10^{-17} \text{ s}$
 2.2.2. La fréquence de cette onde électromagnétique est $f = 5 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$

Ce même laser éclaire une fente verticale de largeur a réglable. Un écran, disposé perpendiculairement à la direction du faisceau de lumière est placé à une distance $D = 2,0 \text{ m}$ de la fente.

- 2.2.3. On observe sur un écran une succession de taches verticales.
 2.2.4. Ce phénomène s'appelle la réfraction.
 2.2.5. La largeur de la tâche centrale augmente en utilisant un laser émettant une lumière bleue.
 2.2.6. La largeur de la tâche centrale augmente quand la largeur a de la fente diminue.

- 2.3. A l'aide d'un laser, on éclaire deux fentes verticales parallèles séparées d'une distance b . Un écran, disposé perpendiculairement à la direction du faisceau de lumière est placé à une distance D des deux fentes.

Affirmations proposées :

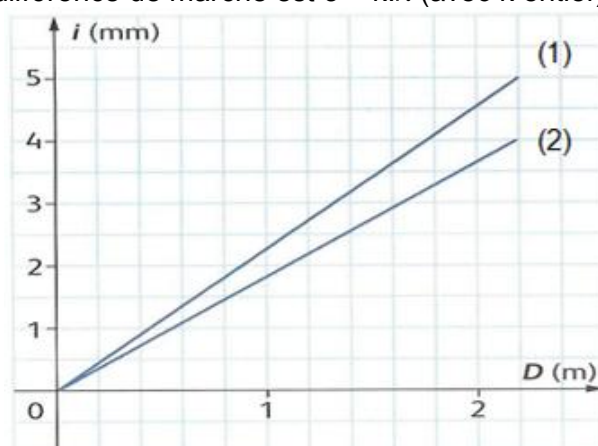
- 2.3.1. On observe sur un écran des franges équidistantes alternativement brillantes et sombres.
 2.3.2. On observe une frange brillante quand la différence de marche est $\delta = k \cdot \lambda$ (avec k entier)

On mesure expérimentalement l'interfrange i de la figure obtenue.

Sur le graphique ci-contre, deux courbes représentent les fonctions $i = f(D)$ obtenues avec le même dispositif expérimental, pour un laser de longueur d'onde $\lambda_R = 650 \text{ nm}$ et pour un laser vert de longueur d'onde $\lambda_V = 520 \text{ nm}$.

La théorie montre que l'interfrange i est tel que

$$i = \frac{\lambda D}{b}$$



- 2.3.3. La courbe (1) a été obtenue avec le laser vert.
 2.3.4. La distance b entre les fentes vaut $290 \mu\text{m}$.

- 2.4. Une étoile émet une onde électromagnétique de fréquence f_E se propageant à la célérité c . Elle s'éloigne d'un observateur avec une vitesse v_E . La fréquence f_R de l'onde perçue par l'observateur vérifie la relation : $f_R = \frac{c \cdot f_E}{c + v_E}$

Affirmations proposées :

- 2.4.1. Cette relation est homogène.
 2.4.2. La fréquence perçue par l'observateur est inférieure à la fréquence émise par l'étoile.
 2.4.3. L'observateur peut observer un décalage vers le rouge des raies d'absorption du spectre de l'étoile.

EXERCICE II : Autour de l'ammoniac (8 points)

L'**ammoniac** est un composé chimique, de formule NH_3 . Dans les conditions de température et de pression ordinaire, c'est un gaz. C'est un des composés le plus synthétisé au monde. Il sert à la synthèse de nombreux autres composés dont ceux de forts tonnages utilisés comme engrais. Sur le plan chimique, c'est à la fois une base et un réducteur. Sa propriété basique est mise à profit pour produire quantité de sels d'ammonium. Sa propriété de réducteur lui permet d'être industriellement oxydé en acide nitrique et en hydrazine notamment, deux produits industriels de forts tonnages.

D'après wikipedia

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

Dans les conditions expérimentales de l'exercice on donne :

- Volume molaire d'un gaz : $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1} = \frac{V_{\text{gaz}}}{n_{\text{gaz}}}$
- Produit ionique de l'eau : $K_e = [H_3O^+]_{\text{éq.}} [HO^-]_{\text{éq.}} = 1,0 \cdot 10^{-14}$;
- Couple acide/ base : ion ammonium/ammoniac $NH_4^+_{(aq)}/NH_{3(aq)}$ $pK_A (NH_4^+_{(aq)}/NH_{3(aq)}) = 9,2$

1. Synthèse de l'ammoniac

La synthèse industrielle de l'ammoniac s'effectue en phase gazeuse. La réaction a lieu en présence d'un catalyseur qui est du ruthénium solide sur support de graphite, sous une pression comprise entre $100 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et $200 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et à une température comprise entre 350°C et 500°C .

D'après : <http://www.iupac.org>

L'équation associée à la réaction de synthèse est : $N_{2(g)} + 3 H_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NH_{3(g)}$

- 1.1. Qu'est-ce qu'un réducteur ?
- 1.2. Quel intérêt a-t-on à choisir une température élevée lors d'une transformation chimique ?
- 1.3. Quel est le rôle d'un catalyseur ?
- 1.4. De quel type de catalyse s'agit-il ?

2. La solution aqueuse d'ammoniac

Un volume gazeux d'ammoniac $V_{\text{gaz}} = 0,24 \text{ L}$ est dissous dans de l'eau distillée pour obtenir un volume $V_S = 1,0 \text{ L}$ de solution aqueuse d'ammoniac S.

- 2.1. Donner l'expression de la quantité de matière d'ammoniac n_0 contenue dans le volume gazeux V_{gaz} , puis montrer qu'elle est égale à $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.
- 2.2. Le pH de la solution S est mesuré et a pour valeur 10,6.
 - 2.2.1. Donner la définition d'une base selon Bronsted.
 - 2.2.2. A l'aide d'un diagramme de prédominance, indiquer quelle est l'espèce majoritaire pour le pH considéré.
 - 2.2.3. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique de l'ammoniac $NH_{3(aq)}$ avec l'eau.
 - 2.2.4. Calculer les concentrations des espèces chimiques présentes dans la solution S en s'aidant éventuellement du tableau d'avancement **en annexe**.

2.2.5. Définir la constante d'acidité K_A du couple $NH_4^+_{(aq)}/NH_{3(aq)}$ puis la calculer à partir des concentrations des espèces chimiques en solution. La valeur obtenue est-elle cohérente avec les données ?

2.2.6. La molécule d'ammoniac $NH_{3(aq)}$ est-elle une base forte ou une base faible ? Justifier.

3. Détermination de la teneur en élément azote d'un engrais.

L'ammonitrate est un engrais azoté solide, bon marché, très utilisé dans l'agriculture.

Il est vendu par sac de 500 kg et contient du nitrate d'ammonium $NH_4NO_{3(s)}$. Sur le sac, on peut lire « pourcentage en masse de l'élément azote N 34,4% »

Le nitrate d'ammonium est très soluble dans l'eau, sa dissolution dans l'eau est totale selon la réaction :



Afin de vérifier l'indication du fabricant, on dose les ions ammonium NH_4^+ présents dans une solution aqueuse d'engrais à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$).



Une solution d'engrais S est obtenue en dissolvant une masse $m = 6,0$ g d'engrais dans une fiole jaugée de volume $V = 250$ mL. On prépare ensuite les deux béchers B_1 et B_2 de la façon suivante :

Bécher	B_1	B_2
Volume de S (mL).	10	10
Volume d'eau déminéralisée (mL)	0	290
Volume total de la solution (mL)	10	300

Les solutions contenues dans chacun de ces béchers sont ensuite titrées par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire $C_B = 0,20$ mol.L⁻¹.

On obtient les courbes $pH = f(V_B)$ se trouvant en annexe à rendre avec la copie.

- 3.1. Légender, en annexe à rendre avec la copie, le schéma du montage permettant de réaliser un titrage pH-métrique.
- 3.2. Définir l'équivalence d'un dosage.
- 3.3. A partir de la courbe donnée en annexe, déterminer graphiquement les coordonnées (Volume V_{BE} versé et pH_E) du point d'équivalence. Faire apparaître la méthode utilisée.
- 3.4. Indiquer quel indicateur coloré pourrait être utilisé pour repérer l'équivalence de ce titrage. Justifier le choix.

Hélianthine	pH	3,1		4,4	
	teinte	Rouge	orange	Jaune	
B.B.T.	pH	6,0		7,6	
	teinte	jaune		vert	bleu
Jaune d'alizarine R	pH	10,1		12	
	teinte	jaune		orange	Rouge orange

Teintes et zones de virage de quelques indicateurs colorés acido-basiques



Masse molaire en g.mol ⁻¹		
M(H) = 1,0	M(N) = 14	M(O) = 16

- 3.5. En vous aidant, éventuellement, d'un tableau descriptif de l'évolution de la réaction, déterminer la relation entre la quantité de matière d'ions ammonium dosée $n_0(\text{NH}_4^+)$ et la quantité d'ions hydroxyde versée à l'équivalence $n_e(\text{HO}^-)$. En déduire la valeur de $n_0(\text{NH}_4^+)$.
- 3.6. Quelle quantité de matière d'ions ammonium $n(\text{NH}_4^+)$ a-t-on dans la fiole jaugée de 250 mL ? En déduire la quantité de nitrate d'ammonium $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)}$ utilisée pour préparer la solution S.
- 3.7. Déterminer la masse d'azote dans une mole de nitrate d'ammonium. En déduire que la masse d'azote présente dans l'échantillon dissout dans la fiole est égale à 2,0 g.
- 3.8. Le pourcentage massique $p_m(\text{N})$ en élément azote est le rapport entre la masse d'azote présente dans l'échantillon et la masse de l'échantillon.
Calculer le pourcentage massique en azote de l'échantillon $p_m(\text{N})_{\text{exp}}$.

On souhaite évaluer l'incertitude absolue $U(p_m)$ (l'incertitude absolue peut également être notée Δp_m) sur le pourcentage massique p_m liée aux différentes sources d'erreurs avec un niveau de confiance de 95%.
Dans ces conditions :

- l'incertitude absolue sur la mesure du volume versé par cette burette est $U(V_{\text{BE}}) = 0,16 \text{ mL}$;
- l'incertitude absolue sur la concentration en hydroxyde de sodium est $U(C_{\text{B}}) = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$.

L'incertitude relative $\frac{U(p_m)}{p_m}$ est alors telle que :
$$\frac{U(p_m)}{p_m} = \sqrt{\left(\frac{U(V_{\text{BE}})}{V_{\text{Be}}}\right)^2 + \left(\frac{U(C_{\text{B}})}{C_{\text{B}}}\right)^2}$$

- 3.9. Calculer l'incertitude absolue $U(p_m)$ (à exprimer avec un seul chiffre significatif) puis présenter le résultat de la valeur du pourcentage massique sous la forme : $p_m = p_{\text{mexp}} \pm U(p_m)$.
Comparer avec la donnée du fabricant et conclure.

EXERCICE III : Fabrication d'une flûte de Pan

L'objectif de cet exercice est d'expliquer comment on peut fabriquer la flûte de Pan du document 1.

Pour répondre aux questions suivantes, vous vous aiderez des documents 1 à 4 données à la suite.

Résolution de problème

Questions préalables

- Etablir la relation liant la fréquence f_0 du mode de vibration fondamental, la longueur du tuyau sonore L et la célérité c . Montrer que cette relation peut s'écrire $f_0 = \frac{c}{4.L}$.
- les fréquences f_n des harmoniques peuvent être calculées à partir de la relation $f_n = \frac{c}{4L} \times (2n+1)$, n étant un nombre entier positif ou nul.
Le document 4 donne une analyse harmonique du son émis par l'un des tuyaux correspondant au mi_3 .
 - Donner la fréquence du son émis.
 - Le son émis est-il pur ou complexe ?
 - Les seuls sons possibles pour une flûte de Pan sont les harmoniques impairs.
Justifier cette affirmation.

Problème

A l'aide des documents, vous expliquerez quels sont les critères à retenir pour choisir un bon matériau pour fabriquer une flûte de Pan et quelle longueur doivent faire les tuyaux pour réaliser la flûte de Pan du document 1.

Remarques :

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

Document n°1 : La flûte de Pan

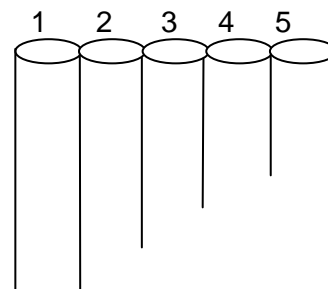
La flûte de Pan est très certainement un des instruments les plus faciles à fabriquer.

Cette flûte consiste en une série de tuyaux de longueurs différentes qui sont maintenus ensemble par des ligatures (voir figure ci-contre). Une extrémité de chaque tuyau est à l'air libre, l'autre (le fond) est fermée.

Une fois construite, cette flûte doit jouer les notes do_3 , mi_3 , sol_3 , do_4 et mi_4 .

Les deux dernières notes sont à l'octave respectivement des notes do_3 et mi_3 , c'est-à-dire qu'il y a une octave entre do_3 et do_4 (idem pour mi_3 et mi_4), la note do_4 étant plus aiguë que do_3 (idem pour mi_4 plus aiguë que mi_3).

Une octave est l'intervalle séparant deux sons dont la fréquence fondamentale du plus aigu est le double de celle du plus grave.



notes	do_3	sol_3
Fréquence en Hz	262	393

Document 2 : matériaux utilisés pour la fabrication d'une flûte de Pan

Pour fabriquer une flûte de pan, on peut utiliser des végétaux présentant des "tubes creux" (le roseau ou le bambou) ou des tuyaux artificiels (plastique, cuivre...). Chacun de ces matériaux a ses avantages et inconvénients.

Les végétaux tels que le roseau ou le bambou sont faciles à travailler, ils présentent des entre-nœuds (espace compris entre deux nœuds de la tige d'un végétal) jusqu'à près d'un mètre parfois permettant de réaliser d'un seul tenant des tubes très longs, mais les tuyaux sont irréguliers et il est indispensable que le rapport diamètre/ longueur soit cohérent. Il faut trouver la bonne variété de bambou ou de roseau qui permet de produire facilement des sons purs et puissants, leurs qualités sonores sont très variables. La réalisation d'un biseau (bord taillé obliquement), précis et régulier est parfois difficile car le matériau est trop tendre ou fragile.

Les matériaux artificiels comme le plastique et le cuivre sont souvent plus solides et plus "réguliers" dans le son produit mais les tubes en plastique ne glissent pas bien sous la lèvre et les tubes en cuivre sont très lourds. Contrairement aux matériaux végétaux qui sont naturellement bouchés à intervalles réguliers, il faudra boucher ces tubes à la longueur désirée.

Dès lors, si la flûte que vous recevez n'est pas parfaitement accordée, vous

Document n°3 : Ondes stationnaires à l'intérieur d'un tuyau sonore

Un tuyau sonore émet le son désiré lorsqu'il est le siège d'ondes sonores stationnaires qui résultent de la superposition d'ondes incidentes et d'ondes réfléchies sur ses extrémités ouverte ou fermée.

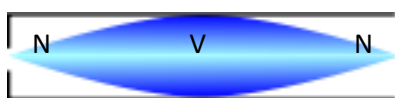
Ces **ondes stationnaires** ne peuvent s'observer (ou plutôt s'entendre) pour un tuyau donné, que pour certaines fréquences qui dépendent des caractéristiques du tuyau. Ces fréquences sont appelées « **fréquences de résonance** » ou « harmoniques ».

Dans le tuyau sonore d'un instrument à vent, l'existence d'une onde sonore stationnaire se traduit par l'existence de maxima de pression appelés « ventres ».

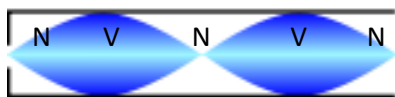
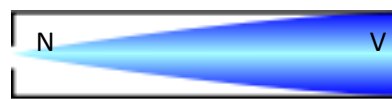
Une extrémité ouverte correspond à une variation de pression nulle appelée « **nœud** » (N sur les figures).

Une extrémité fermée correspond à une variation de pression maximale appelée à un « **ventre** » (V sur les figures).

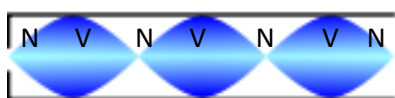
La distance séparant deux nœuds de vibration (ou deux ventres) est égale à une demi-longueur d'onde $\lambda/2$.



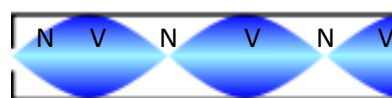
Mode fondamental



Harmonique de rang 2
Fréquence $f_1 = 2f_0$



Harmonique de rang 3
Fréquence $f_2 = 3f_0$

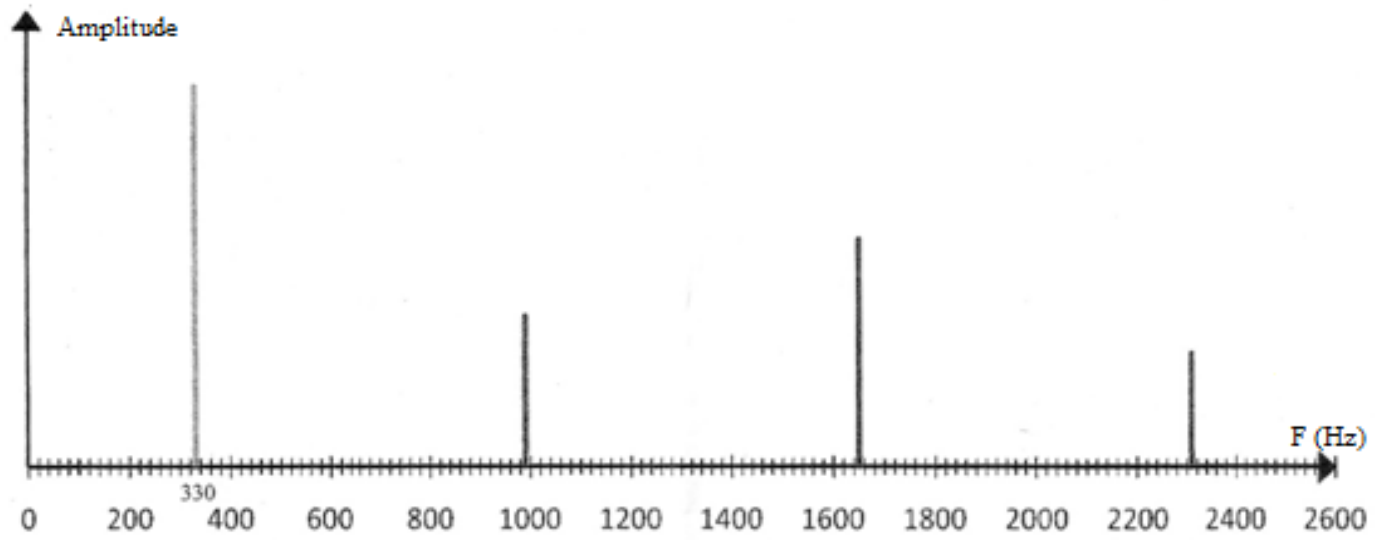


Tuyau ouvert

Tuyau fermé à une extrémité

La vitesse de propagation (célérité) des sons dans l'air est $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

Une étude montre qu'il y a toujours un nœud de vibration à une extrémité fermée d'un tuyau et un ventre de vibration à une extrémité ouverte dans une flûte de Pan.

Document 4 : Spectre du mi3 joué avec la flûte de Pan

Nom :
Prénom :

Classe :

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe de l'exercice I : Les ondes en question

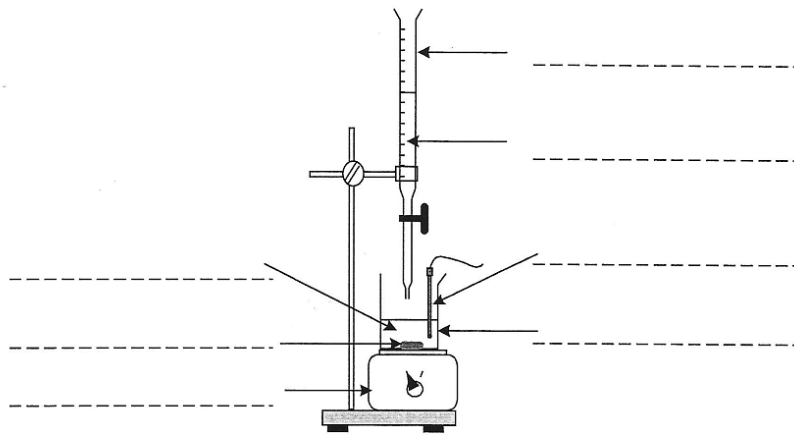
Proposition	Répondre par Vrai ou Faux	Justification ou explication
1.1.1.		
1.1.2.		
1.1.3.		
1.2.1.		
1.2.2.		
1.2.3.		
1.3.1.		
1.3.2.		
1.3.3.		
1.3.4.		
2.1.1.		PAS DE JUSTIFICATION
2.1.2.		
2.1.3.		
2.1.4.		
2.1.5.		

2.2.1.		
2.2.2.		
2.2.3.		PAS DE JUSTIFICATION
2.2.4.		
2.2.5.		
2.2.6.		
2.3.1.		PAS DE JUSTIFICATION
2.3.2.		
2.3.3.		
2.3.4.		
2.4.1.		
2.4.2.		
2.4.3.		

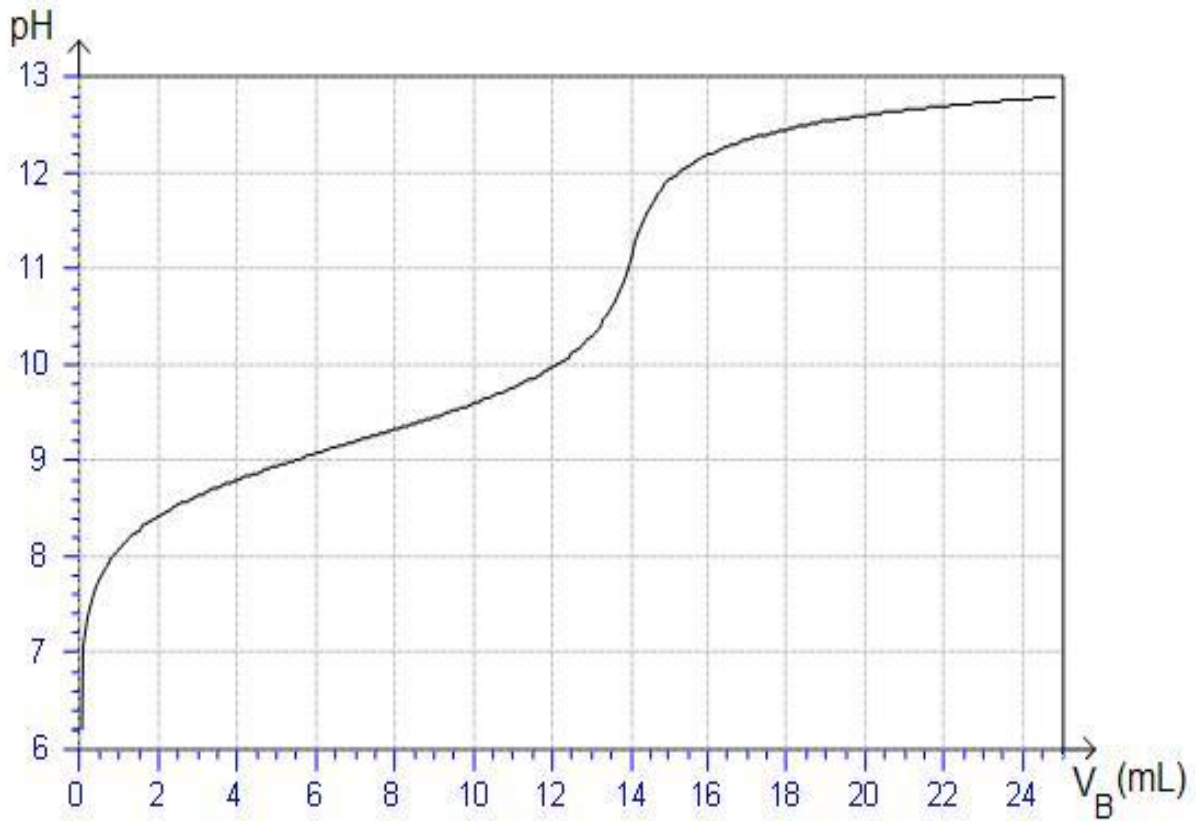
Annexe de l'exercice II : A propos de l'ammoniac

2.2.4. Équation de la réaction					
État	Avancement	Quantités de matière (en mol)			
Initial	0				
En cours	x				
Final	x_f				

Question 1.2. Tableau d'avancement



Question 3.1. Schéma du dispositif de titrage



Question 3.2. $pH = f(V_B)$