

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

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

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

SPÉCIALITÉ

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** et deux exercices de **PHYSIQUE** présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Les annexes 1 et 2 (pages 10/11 et 11/11) sont à rendre avec la copie.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

I – Le polonium 210

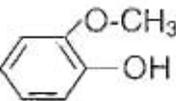
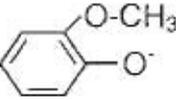
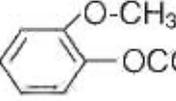
II – L'extraction de l'eugénoï du clou de girofle

III – Histoire d'euros

Exercice 2 :**L'extraction de l'eugénoL du clou de girofle****(4 points)**

Depuis plus d'un siècle, la vanilline est essentiellement produite artificiellement. La première étape de sa synthèse consiste à extraire l'eugénoL du clou de girofle. Le clou de girofle est un bouton floral séché qui contient une grande quantité d'huile essentielle très riche en eugénoL et acétyleugénoL.

Données :

Nom	Formule	Solubilité			Réaction acido basique avec l'ion hydroxyde
		Dans l'eau	Dans l'eau salée	Dans l'éther	
EugénoL	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2$  noté R-OH	Peu soluble	Insoluble	Très soluble	Oui
Ion eugénate	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2$  noté R-O ⁻	Très soluble	Très soluble	insoluble	Non
AcétyleugénoL	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2$ 	Peu soluble	Insoluble	Très soluble	Non
Chlorure de sodium	NaCl	Très soluble	-----	insoluble	Non

Densité de l'eau : $d_{\text{eau}} = 1$

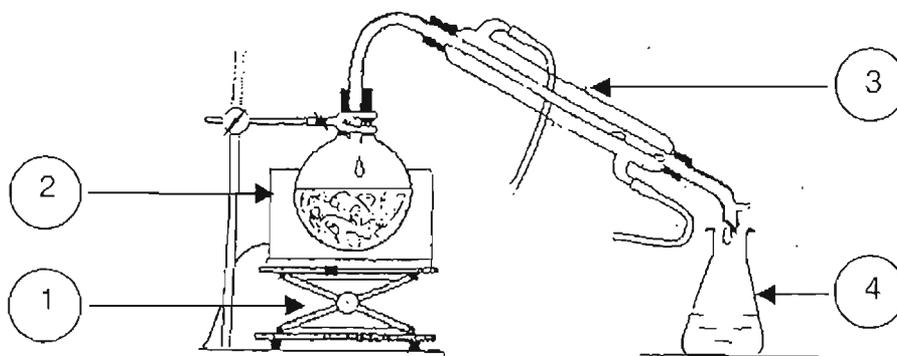
Ether : solvant organique non miscible à l'eau, de densité $d_E = 0,71$

Couple acide / base : R-OH / R-O⁻

L'extraction de l'eugénoL du clou de girofle nécessite plusieurs étapes.

1 - Première étape

De la poudre de clou de girofle est introduite dans un ballon, avec 250 mL d'eau distillée et quelques grains de pierre ponce. Le ballon est ensuite placé dans le montage suivant :



1.1 Quel nom porte ce montage ?

1.2 Nommer, sur la feuille annexe 1 page 10/11, les éléments numérotés du montage.

1.3 Indiquer, sur la feuille annexe 1 page 10/11, le sens de circulation de l'eau dans la verrerie n°3. Quel est le rôle de cette verrerie ?

1.4 Expliquer l'utilité de la pierre ponce.

2 - Deuxième étape : le relargage

Le distillat obtenu est une émulsion d'huile essentielle du clou de girofle et d'eau. On y ajoute du chlorure de sodium solide. On agite jusqu'à dissolution complète du sel. On laisse décanter.

2.1 Ecrire l'équation de dissolution du chlorure de sodium dans l'eau.

2.2 Expliquer le principe de cette opération de relargage.

3 - Troisième étape : extraction liquide-liquide

Le mélange précédent est introduit dans une ampoule à décanter avec 30 mL d'éther. On agite et on laisse décanter.

Représenter l'ampoule à décanter ; indiquer les phases organique et aqueuse ; justifier la position des deux phases.

4 - Quatrième étape : séparation de l'eugénol et de l'acétyl'eugénol

La phase organique récupérée à l'étape précédente contient un mélange d'eugénol et d'acétyl'eugénol dans l'éther. Cette solution organique est à nouveau mise dans une ampoule à décanter, avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration 2 mol.L^{-1} . On agite, on laisse décanter et on récupère la phase aqueuse.

La phase organique restante est lavée encore deux fois par la solution d'hydroxyde de sodium. Les phases aqueuses sont rassemblées dans un bécher propre.

4.1 Donner la formule de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

4.2 En considérant les données physico-chimiques de l'acétyl'eugénol, indiquer si l'acétyl'eugénol se trouve dans la phase aqueuse ou dans la phase organique. Justifier.

4.3 Ecrire l'équation chimique modélisant la transformation de l'eugénol R-OH en ion eugénate R-O^- .

4.4 Dans la phase aqueuse recueillie, on introduit une solution concentrée d'acide chlorhydrique jusqu'à obtenir un $\text{pH} = 1$.

4.4.1 Donner la formule de la solution aqueuse d'acide chlorhydrique.

4.4.2 Ecrire les deux équations chimiques modélisant les transformations qui ont lieu dans le bécher.

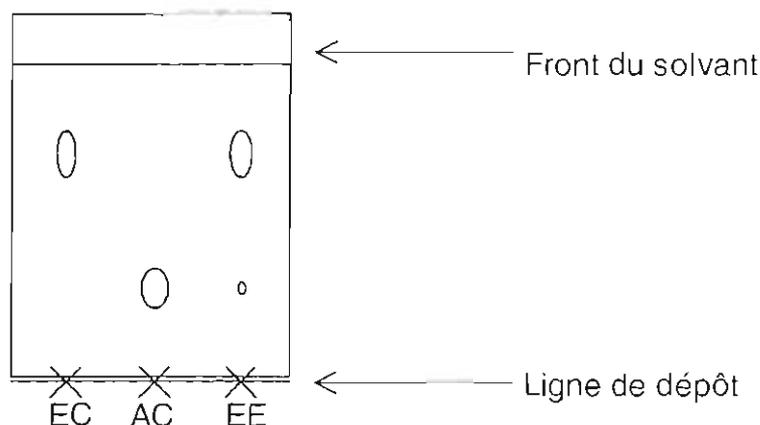
4.4.3 Quel est le rôle de l'acide chlorhydrique ?

5 - Une nouvelle extraction liquide-liquide est réalisée avec de l'éther, dans une ampoule à décanter. Quelle phase doit-on récupérer ? Pourquoi ?

6 - Identification de l'eugénol

Une analyse qualitative de l'eugénol extrait est réalisée par chromatographie sur couche mince. On dépose, sur une plaque, une goutte d'eugénol commercial (EC), une goutte d'acétyl'eugénol commercial (AC) et une goutte d'eugénol extrait (EE). On observe, après élution et révélation, le chromatogramme ci-dessous.

Interpréter en justifiant le chromatogramme obtenu.



ANNEXE 1A RENDRE AVEC LA COPIE

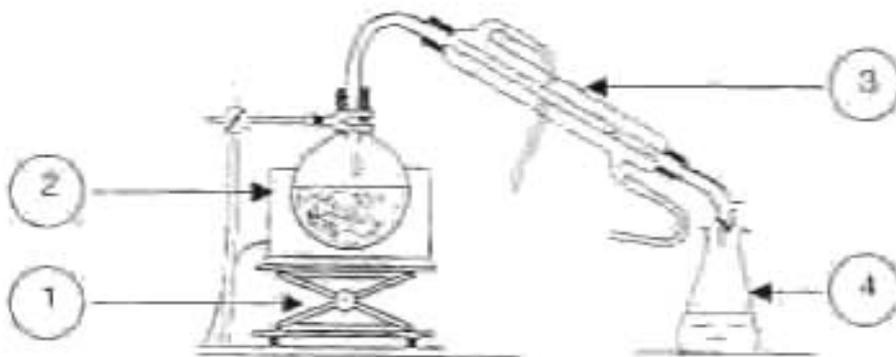
Exercice 2

L'extraction de l'eugénoï du clou de girofle

Question 1.2 Nommer, dans le tableau suivant, la verrerie numérotée :

N°	NOM
1	
2	
3	
4	

Question 1.3 Indiquer, ci-dessous, le sens de circulation de l'eau dans la verrerie n° 3.



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2010

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 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11

**Les feuilles d'annexes (page 10/11 et 11/11)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE**

Exercice 3 : OBSERVATION D'OBJETS DE PETITES DIMENSIONS (4 points)

Le microscope optique a été inventé à la fin du XVI^{ème} siècle par le Hollandais ZACCHARIAS JANSSEN contribuant ainsi au développement de la théorie cellulaire. Destiné à l'observation d'objets de petites dimensions de l'ordre du micromètre, il est constitué de deux systèmes optiques, un objectif et un oculaire.

Fonctionnant en lumière blanche, l'objectif et l'oculaire peuvent être assimilés à deux lentilles convergentes de distance focale respective f'_1 et f'_2 .

L'ensemble est dans l'air et l'œil de l'observateur vient se placer au voisinage du foyer image de l'oculaire, F'_2 . Il observe l'image finale située entre l'infini et la distance minimale de vision distincte.

1. MAQUETTE DE MICROSCOPE :

Pour comprendre le principe de l'appareil, on réalise une maquette de microscope comprenant :

- Un objectif : lentille mince convergente L_1 de distance focale $f'_1 = 2,0$ cm et de centre optique O_1 .
- Un oculaire : lentille mince convergente L_2 de distance focale $f'_2 = 4,0$ cm et de centre optique O_2
- Un objet éclairé de hauteur $AB = 1,0$ cm placé perpendiculairement à l'axe optique commun à L_1 et L_2 .

1.1. Par construction graphique, sur la **figure 1 en annexe 2** à rendre avec la copie, déterminer l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB donnée par la lentille L_1 .

1.2. L'image intermédiaire A_1B_1 joue le rôle d'objet pour la lentille L_2 .

1.2.1. Quelle est la position particulière de A_1B_1 par rapport à la lentille L_2 ? Où va se former l'image définitive A_2B_2 ?

1.2.2. Justifier la position de A_2B_2 en complétant la construction graphique de la **figure 1 en annexe 2** à rendre avec la copie.

1.3. L'œil emmétrope (sans défauts) voit nettement un objet situé entre l'infini et une distance minimale $d_m = 25$ cm.

Pour un objet situé à l'infini, l'œil étant au repos, son image se forme de manière nette sur la rétine.

Lorsque l'objet se rapproche, le cristallin (lentille convergente) se déforme afin que l'image se forme encore sur la rétine. On dit que l'œil accommode.

Justifier l'intérêt que représente la position de l'image finale donnée par le microscope pour l'observateur.

Quel avantage présente un tel système optique pour l'observation d'objets de petites dimensions ?

2. OBSERVATION D'UN GLOBULE ROUGE :

Le microscope réel utilisé possède les caractéristiques suivantes :

- Objectif distance focale $f'_1 = 10 \text{ mm}$
- Oculaire : distance focale $f'_2 = 50 \text{ mm}$
- Intervalle optique : $\Delta = F_1F_2 = 160 \text{ mm}$

On envisage l'observation d'un globule rouge dont le diamètre est $d = 8,0 \mu\text{m}$.

Rappels :

- Formule de conjugaison des lentilles minces : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$

les différentes grandeurs correspondent à des mesures algébriques

- Formule du grossissement :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

θ : angle sous lequel est vu l'objet, placé à la distance d_m , à l'œil nu

θ' : angle sous lequel est vu l'image définitive au travers de l'instrument.

- 2.1. On se place dans le cas où l'œil n'accommode pas. On considère donc que l'image finale donnée par le microscope se forme à l'infini.

2.1.1. Où est située l'image intermédiaire à travers l'objectif ? Déterminer sa position $\overline{O_1A_1}$ par rapport à l'objectif.

2.1.2. Par application de la formule de conjugaison, calculer la distance $\overline{O_1A}$ entre l'objet et l'objectif.

- 2.2. On se place maintenant dans le cas où l'œil accommode. L'image finale donnée par le microscope se forme à la distance $d_m = 25 \text{ cm}$ de F'_2 .

L'image intermédiaire A_1B_1 se situe alors entre F_2 et O_2 et l'objet AB est à la distance $\overline{F_1A} = -0,59 \text{ mm}$ de l'objectif.

2.2.1. Dans le cas où l'œil n'accommode pas, on a $\overline{F_1A} = -0,63 \text{ mm}$. Comparer les deux distances $\overline{F_1A}$ dans le cas où l'œil n'accommode pas et celui où il accommode. Calculer la différence.

2.2.2. Le réglage du microscope nécessite de déplacer l'ensemble (objectif + oculaire) à l'aide d'une crémaillère et d'une vis micrométrique. Justifier l'utilisation d'une vis micrométrique pour effectuer la mise au point.

- 2.3. Étude du grossissement du microscope :

2.3.1. Schématiser l'observation de l'objet, placé à la distance d_m , à l'œil nu.

Exprimer $\tan \theta$ et en déduire la valeur de θ .

On rappelle : $\tan \theta \approx \theta$ en radian si θ petit

- 2.3.2. Sur la **figure 1 en annexe 2 à rendre avec la copie**, noter l'angle θ' sous lequel est vue l'image définitive. En déduire son expression littérale. Calculer la valeur de θ' associée au microscope réel.
- 2.3.3. Déduire le grossissement G .
- 2.4. Le cercle oculaire est l'image de l'ouverture de l'objectif donnée par l'oculaire :
- 2.4.1. Tracer **sur la figure 2, en annexe 2, à rendre avec la copie** les rayons lumineux issus de l'objectif et qui après traversée de l'oculaire, délimitent et positionnent le cercle oculaire.
- 2.4.2. Lors d'une observation, l'œil doit être proche de F'_2 et au centre du cercle oculaire.
Justifier cette affirmation concernant cette position idéale de l'œil.

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure : 1 échelle horizontale et verticale 1 cm \Leftrightarrow 2 cm

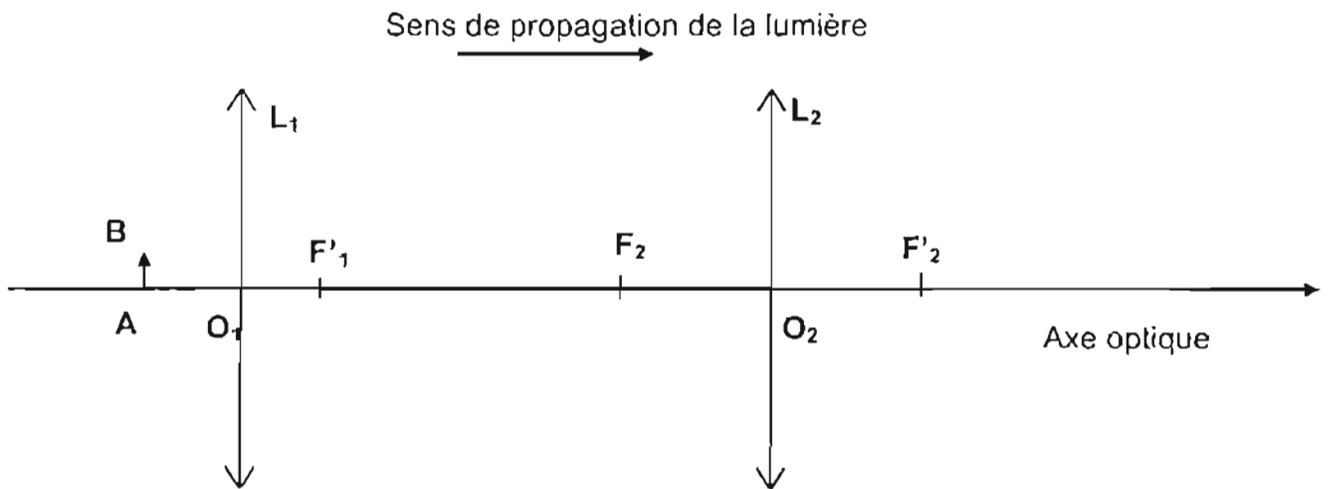
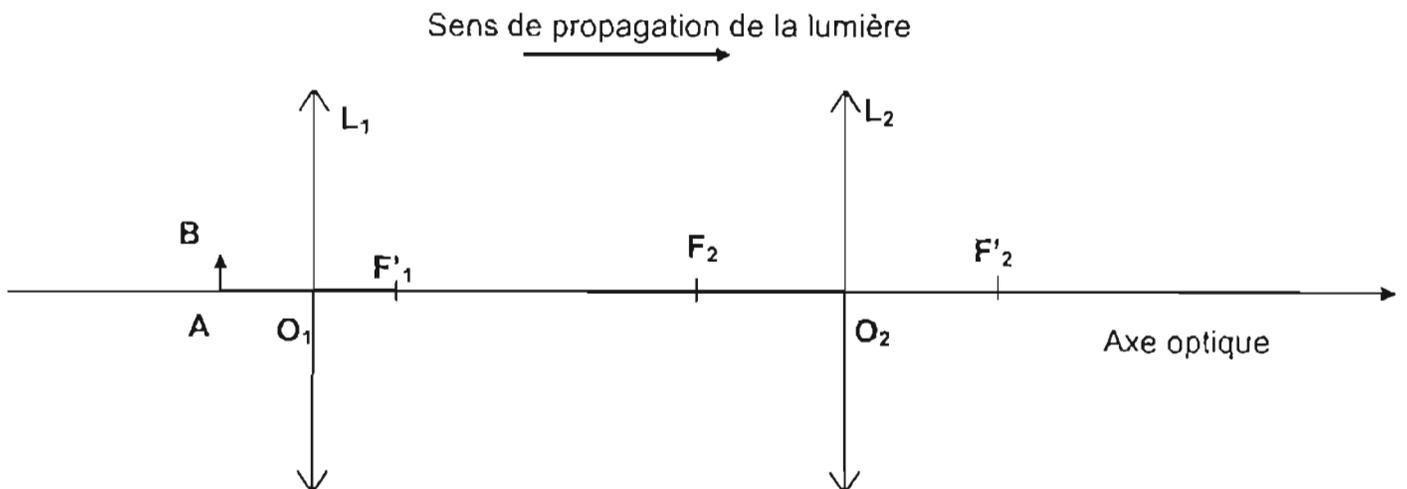


Figure : 2



EXERCICE III : AU CONCERT (4 points)

Pour la fête de la musique, Harmonie a été chargée d'enregistrer la prestation du groupe formé par quatre camarades de classe : une guitariste, un percussionniste, un flûtiste et une chanteuse. Le lendemain, elle étudie sur son ordinateur cet enregistrement à l'aide d'un logiciel d'acquisition et de traitement des signaux.

Cet exercice ne nécessite aucune connaissance musicale.

1. Sons et ondes.

1.1. Quelles sont les deux fonctions que doit remplir un instrument de musique pour produire un son ?

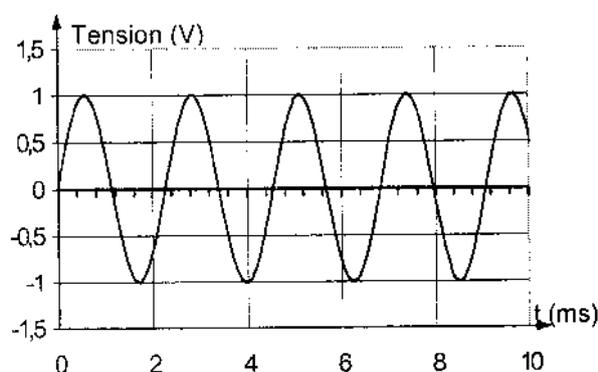
1.2. La corde de guitare est le siège d'ondes stationnaires.

1.2.1. Pourquoi dit-on que ces ondes sont stationnaires ?

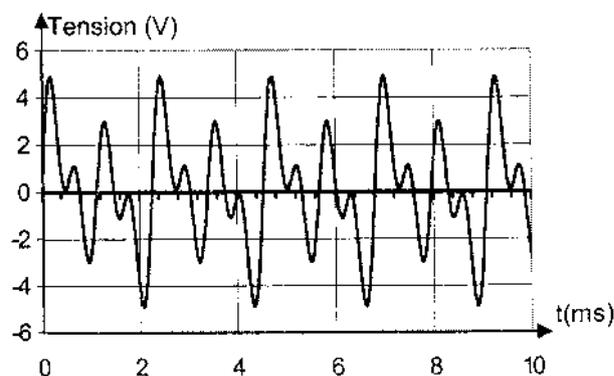
1.2.2. Proposer une représentation de la corde pour le mode fondamental en précisant les nœuds et les ventres.

2. Sons et musique.

2.1. Pour accorder son instrument, le guitariste utilise un diapason. L'analyse à l'ordinateur des sons correspondants donne les courbes d'évolution temporelle reproduites ci-dessous (documents 1 et 2).



Document 1



Document 2

2.1.1. Attribuer chaque courbe à son instrument en justifiant.

2.1.2. Déterminer la fréquence fondamentale du son émis.

2.1.3. Quelle caractéristique du son est associée à la fréquence fondamentale d'un son ?

2.2. L'analyse spectrale du son de la guitare fournit le graphique du document 3 de l'annexe III à rendre avec la copie.

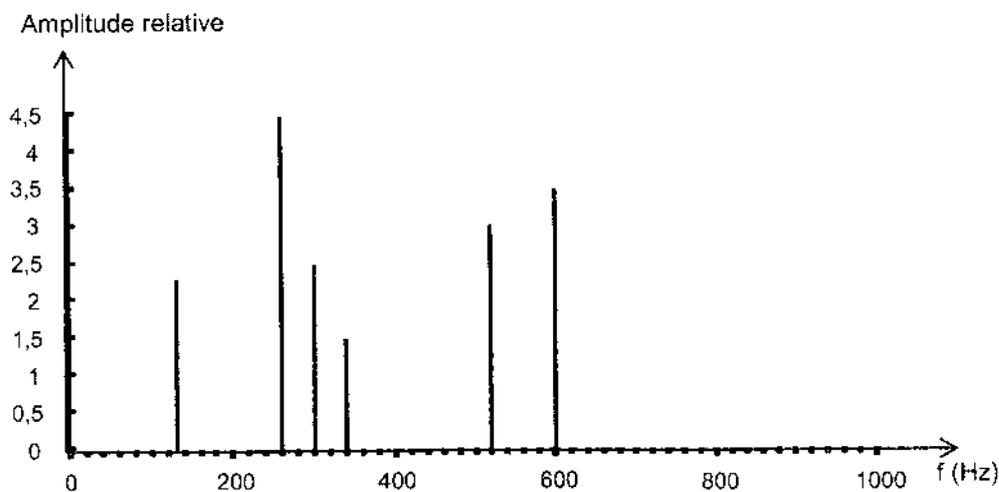
2.2.1. À quoi correspondent les différents pics ?

2.2.2. Quelle caractéristique du son associe-t-on à leur présence et à leur amplitude relative ?

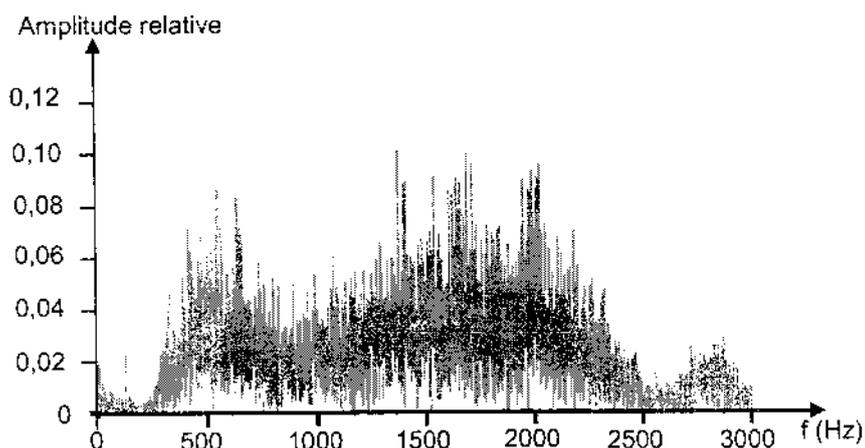
2.2.3. Compléter, en justifiant, le spectre du diapason sur le document 4 de l'annexe III à rendre avec la copie.

3. Autres phénomènes sonores.

À l'entracte, Harmonie a continué son enregistrement captant ainsi le tintement d'une cloche puis l'écoulement de l'eau d'une fontaine. Les documents 5 et 6 reproduits ci-dessous représentent leur analyse spectrale respective.



Document 5



Document 6

Données :

Note	Do 1	Ré 1	Mi 1	Fa 1	Sol 1	La 1	Si 1	Do 2
Fréquence (Hz)	65,4	73,4	82,4	87,3	98,0	110	123,5	130,8

- 3.1. Quelle note produit la cloche ?
- 3.2. Un son musical est caractérisé par la relation $f_n = n \times f_1$ liant fréquences harmoniques f_n et fréquence fondamentale f_1 . Cette relation s'applique-t-elle à la cloche ? Justifier.
- 3.3. Commenter l'allure du spectre de la fontaine : peut-on, notamment, y déterminer la fréquence fondamentale ?
- 3.4. Justifier que, pour le physicien, ces deux phénomènes sonores ne sont pas des sons musicaux mais des bruits.

4. Intensité acoustique et niveau sonore.

On rappelle qu'entre le niveau sonore L et l'intensité acoustique I d'un son existent les relations suivantes :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \text{et} \quad I = I_0 10^{\frac{L}{10}}$$

$I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ est l'intensité acoustique de référence correspondant au seuil d'audibilité à une fréquence de 1000 Hz.

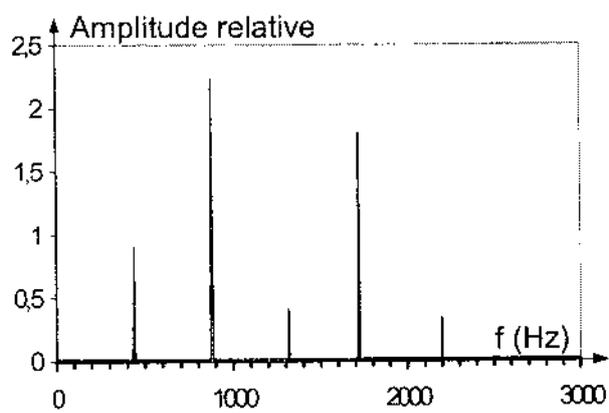
Lorsque plusieurs sources sonores émettent simultanément, les intensités acoustiques s'additionnent.

Lors du concert, un sonomètre placé à 5 m de la guitariste jouant seule indique un niveau sonore de 62 dB. Des mesures similaires donnent pour le percussionniste seul : 65 dB, pour le flûtiste seul : 61 dB et 64 dB pour la chanteuse seule.

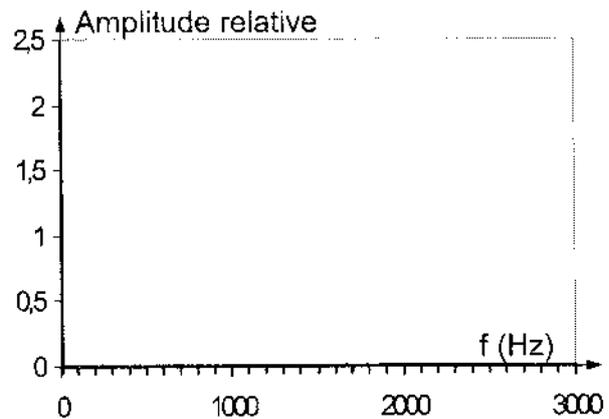
- 4.1. Compléter le tableau du document 7 de l'annexe III à rendre avec la copie.
- 4.2. Choisir, en justifiant, la bonne réponse.

Le niveau sonore total L_{tot} vaut : 63 dB, 65 dB, 69 dB ou 252 dB.

ANNEXE III À RENDRE AVEC LA COPIE : AU CONCERT

Question 2.2 :

Document 3



Document 4

Question 4.1 :

Document 7

	guitare	percussion	flûte	Chant
Niveau sonore L (dB)	62	65	61	64
Intensité acoustique I (10^{-6} W.m^{-2})		3,2	1,3	2,5

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2010
—**PHYSIQUE-CHIMIE**Série S
—DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8
—**L'usage d'une calculatrice EST autorisé****Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE ET PHYSIQUE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 10) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE III. DE LA BROCANTE À L'ORFÈVRERIE (4 points)

La photographie, ci-contre, est celle d'une « égoïste ». Il s'agit d'une théière de salon, pour une seule personne, datant du début du XIX^{ème} siècle. Elle est en laiton (alliage de cuivre et de zinc) et, à l'origine, elle était recouverte d'argent métallique qui a disparu au fil des années.

Pour redonner à ce type de pièce leur éclat d'antan, les orfèvres savent déposer une mince couche adhérente d'argent par électrolyse. Outre l'embellissement de l'objet traité, cette opération permet de le protéger de l'attaque de l'air et des aliments acides et lui confère des propriétés germicide et bactéricide.



L'objectif de cet exercice est d'étudier le principe de cette électrolyse, dite à anode soluble, qui permet de déposer une fine couche d'argent sur une pièce métallique.

Données :

- couple oxydant/réducteur : $\text{Ag}^+(\text{aq}) / \text{Ag}(\text{s})$;
- masse molaire atomique de l'argent : $M(\text{Ag}) = 108 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse volumique de l'argent : $\rho(\text{Ag}) = 10 \text{ g.cm}^{-3}$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

1. Principe de l'argenture électrolytique

Avant de recevoir l'argenture, la théière subit plusieurs traitements de la part de l'orfèvre : le métal est aplani, décapé, poli et dégraissé de manière à ce que le dépôt d'argent adhère bien par la suite.

La théière, une fois prête à recevoir l'argenture (**figure 4**), est plongée dans un bain nommé bain « d'argent brillant », solution contenant entre autres des ions dicyanoargentate en équilibre avec des ions argent.

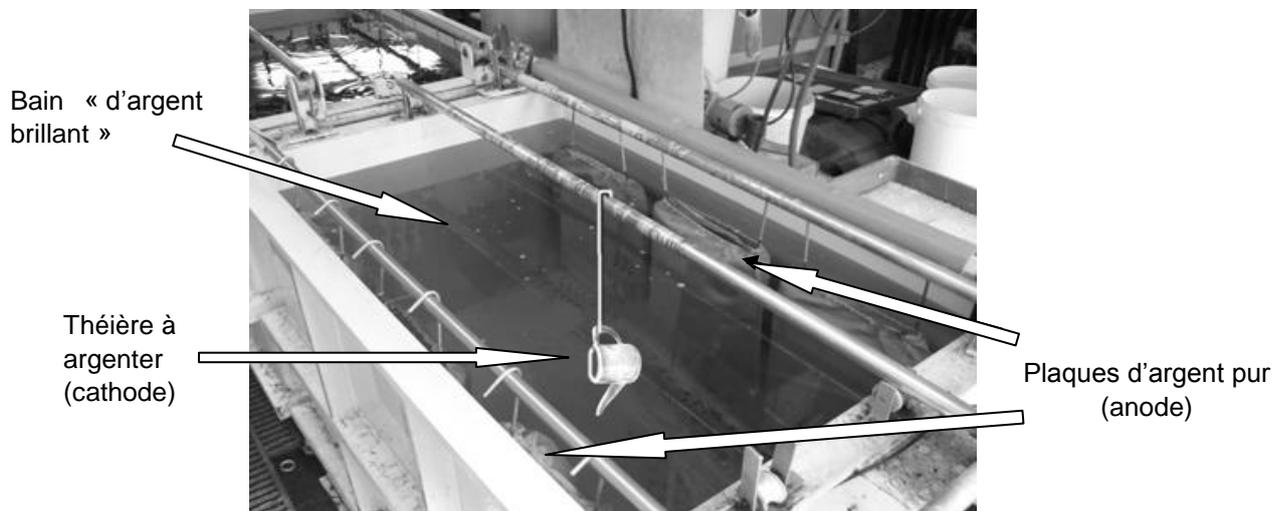
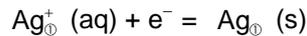


Figure 4. Théière plongée dans le bain « d'argent brillant »

La théière plongée dans ce bain joue le rôle de cathode. Des plaques d'argent pur, placées de chaque côté du bain, jouent le rôle d'anode. Un générateur de basse tension délivre dans l'électrolyseur ainsi constitué un courant d'intensité constante dont on peut régler la valeur.

1.1. On a simplifié le circuit d'électrolyse en résumant l'action des deux plaques d'argent en une seule sur **LA FIGURE 5 DE L'ANNEXE PAGE 10**. Indiquer sur ce schéma, le sens conventionnel du courant électrique et le sens de déplacement des électrons.

1.2. Dans le bain « d'argent brillant », les ions argent réagissent à la cathode (notée ①) selon l'équation :



Quel est l'intérêt d'avoir utilisé la théière comme cathode ?

1.3. À l'anode (notée ②), l'argent métallique Ag_{s} des plaques réagit, écrire l'équation de la réaction à cette électrode. On notera Ag^+ les ions argent intervenant à cette électrode. De quel type de réaction s'agit-il ?

1.4. À partir des questions 1.2 et 1.3, écrire l'équation de la réaction chimique ayant lieu lors de l'électrolyse. Pourquoi appelle-t-on cette électrolyse « électrolyse à anode soluble » ?

2. Étude quantitative de l'électrolyse

On souhaite argenter extérieurement et intérieurement la théière qui possède une surface totale $S = 850 \text{ cm}^2$ par un dépôt uniforme d'argent. La théière, qui joue le rôle de cathode, est plongée entièrement dans le bain d'argent brillant pendant une durée $\Delta t = 35 \text{ min}$. L'intensité du courant délivrée par le générateur est constante et vaut $I = 7,0 \text{ A}$.

2.1. Exprimer la quantité d'électricité Q qui a traversé l'électrolyseur pendant une durée Δt .

2.2. Donner l'expression de la quantité de matière d'électrons échangés $n(\text{e}^-_{\text{éch}})$ pendant l'électrolyse en fonction de Q , N_A et e .

2.3. Montrer que la masse d'argent métallique $m(\text{Ag}_{\text{dép}})$ déposée sur la théière pendant l'électrolyse a pour

$$\text{expression : } m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \frac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(\text{Ag}) .$$

Calculer sa valeur.

2.4. Sur la **figure 4**, on voit que la théière est suspendue entre deux plaques d'argent jouant le rôle d'anode. Quel avantage présente ce dispositif pour le dépôt d'argent sur la théière ?

3. Qualité du dépôt d'argent sur la théière

Une fois l'électrolyse terminée, l'orfèvre doit appliquer un poinçon. Ce poinçon comporte les chiffres **I** ou **II** selon la qualité de fabrication correspondant à une certaine couche d'argent déposée sur la pièce (**figure 6**).



Figure 6. Exemples de poinçons avec le symbole de l'orfèvre et ses initiales

Les qualités **I** ou **II** dépendent de l'épaisseur moyenne du dépôt d'argent sur l'objet et du type d'objet argenté comme le montre le tableau ci-dessous :

	Épaisseur moyenne minimale du dépôt d'argent en μm			
	Articles de couvert d'usage fréquent (couteaux, fourchettes)	Articles de couvert d'usage occasionnel (couteaux, fourchettes)	Articles d'orfèvrerie au contact des aliments (plats, théières, timbales)	Articles d'orfèvrerie décoratifs (bougeoirs, vases)
Qualité I	33	19	15	10
Qualité II	20	12	9	6

3.1. Exprimer le volume $V(\text{Ag}_{\text{dép}})$ d'argent déposé sur la théière au cours de l'électrolyse en fonction de $m(\text{Ag}_{\text{dép}})$ et $\rho(\text{Ag})$.

3.2. À partir de la question 2.3, calculer l'épaisseur moyenne d d'argent déposé sur la théière au cours de l'électrolyse.

3.3. Déduire des données du tableau ci-dessus, le poinçon de l'orfèvre à appliquer sur la théière restaurée.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

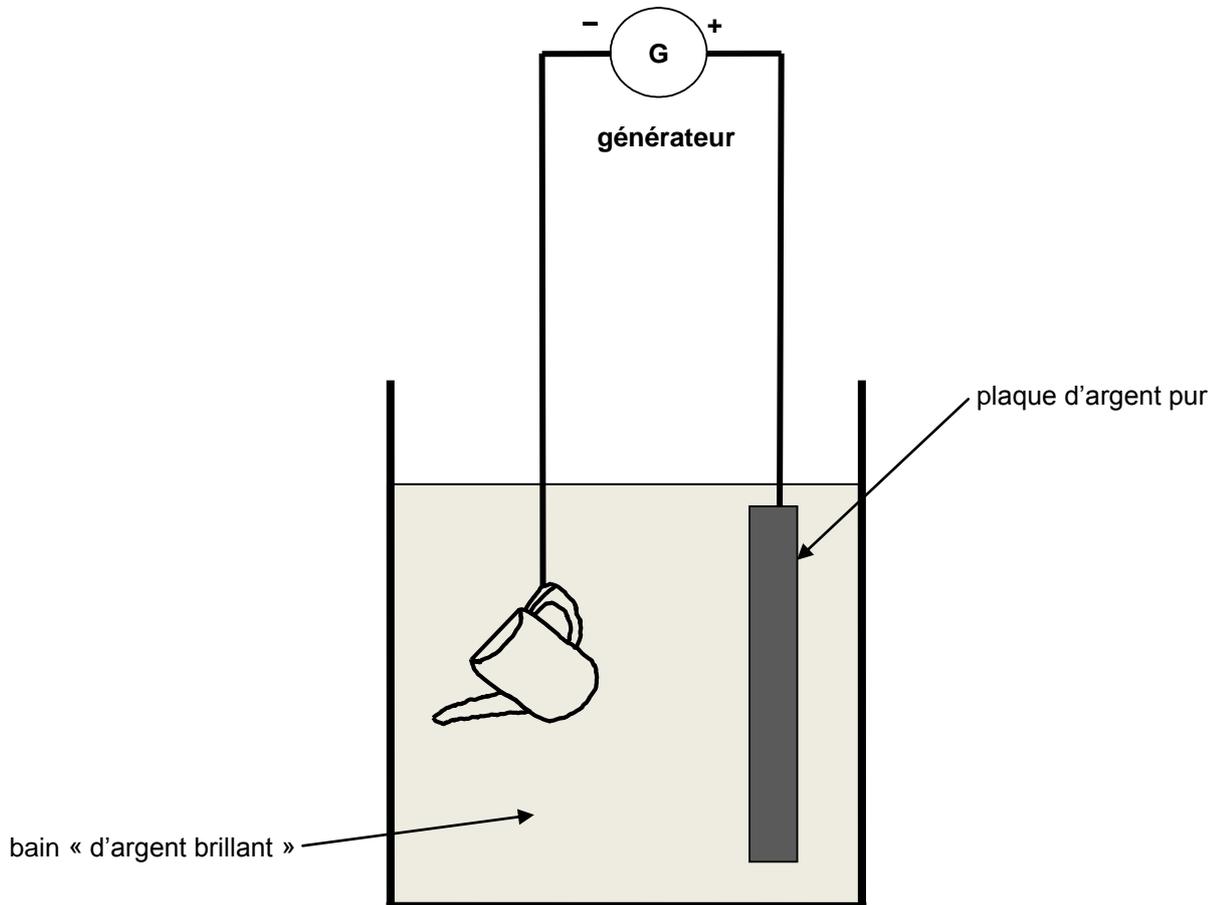


Figure 5. Schéma simplifié de l'électrolyseur

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2010

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 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

**La feuille d'annexe (page 12/12)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

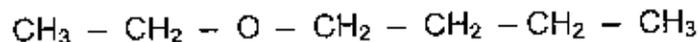
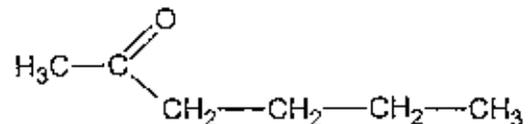
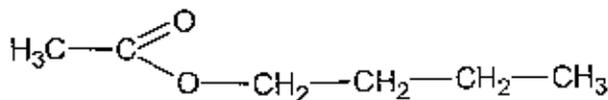
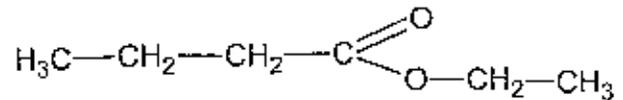
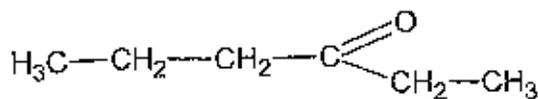
EXERCICE III : L'ARÔME ANANAS (4 points)

De plus en plus souvent des arômes naturels ou de synthèse sont utilisés en cuisine ou dans l'industrie alimentaire. Les arômes de fruits peuvent être obtenus à partir de mélanges d'esters.

D'après l'ouvrage « La chimie des couleurs et des odeurs » de Capron, le parfum artificiel d'ananas est constitué d'un mélange d'esters et d'acides carboxyliques ; l'ester prépondérant est le butanoate d'éthyle.

1. L'arôme ananas du commerce.

1.1. Après avoir identifié le butanoate d'éthyle dans les formules suivantes, recopier sa formule et entourer le groupe caractéristique ester.



1.2. Pour vérifier la présence de butanoate d'éthyle dans un flacon d'arôme ananas du commerce (en phase aqueuse), on souhaite réaliser une extraction liquide-liquide à l'aide d'une ampoule à décanter. On dispose de trois solvants : dichlorométhane, éthanol et cyclohexane.

solvant	eau	éthanol	cyclohexane	dichlorométhane
solubilité du butanoate d'éthyle	faible	bonne	moyenne	bonne
densité	1	0,8	0,6	1,3
miscibilité avec l'eau	/	miscible	non miscible	non miscible

1.2.1. Quel solvant faut-il choisir parmi ceux du tableau pour extraire le maximum de butanoate d'éthyle ? Justifier.

1.2.2. Dessiner l'ampoule à décanter après agitation en précisant le contenu.

1.3. Lors d'une extraction liquide-liquide, on définit le coefficient de partage de l'espèce E à extraire. Ce coefficient est égal à la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction : $E_{(aq)} = E_{(solvant\ organique)}$ (réaction 1)

1.3.1. Le coefficient de partage s'exprime donc en fonction des concentrations molaires effectives, à l'équilibre, de E dans les phases aqueuse et organique, notées respectivement : $[E_{aq}]_{eq}$ et $[E_{org}]_{eq}$. Donner cette expression.

1.3.2. On dispose d'un volume V de solution aqueuse contenant l'espèce E. On ajoute un volume V_S de solvant organique pour réaliser l'extraction. La quantité de matière initiale de E dans l'eau est notée n_0 et la quantité de matière extraite à l'équilibre est égale à x_{eq} , avancement à l'état final de la réaction 1.

Déterminer l'expression de x_{eq} en fonction de V, V_S , K et n_0 . On pourra s'aider d'un tableau d'évolution pour cette réaction 1.

1.3.3. Le taux d'extraction τ est défini comme le rapport de la quantité de matière extraite x_{eq} à la quantité de matière initiale n_0 .

L'expression de τ en fonction de V, V_S et K est :

$$\tau = \frac{K \cdot V_S}{V + V_S \cdot K}$$

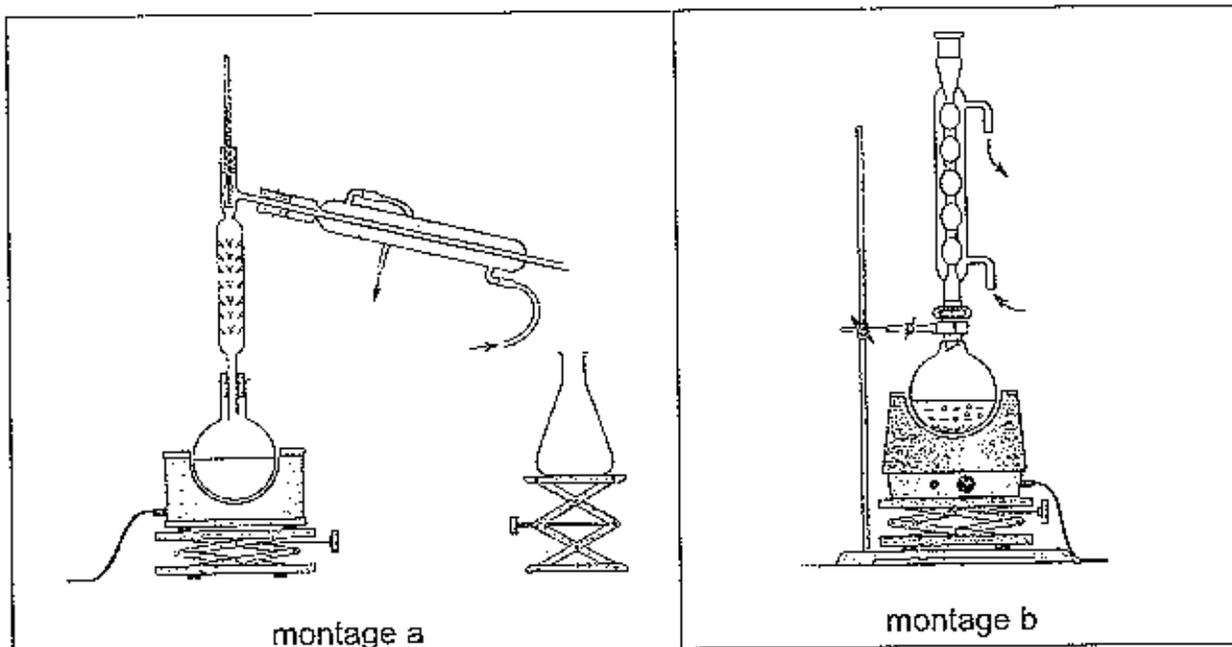
Calculer le taux d'extraction du butanoate d'éthyle lors de l'expérience du 1.2.2. sachant que : $K = 3,0$, $V = 20$ mL et $V_S = 20$ mL.

La phase organique de l'extraction est conservée et appelée solution S_1 .

2. Synthèse du butanoate d'éthyle au laboratoire.

On chauffe à reflux un mélange de 0,20 mol d'acide et de 0,20 mol d'alcool afin d'obtenir l'ester à odeur d'ananas, le butanoate d'éthyle.

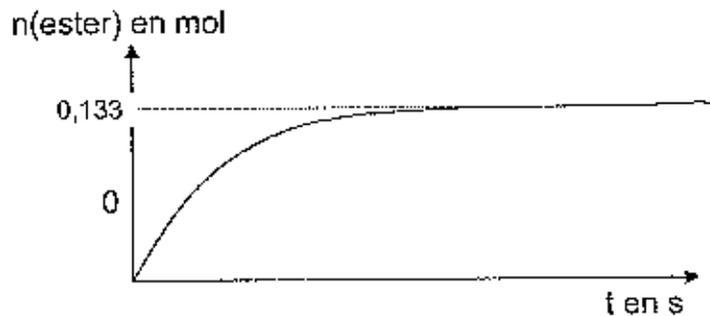
2.1. Identifier le montage de chauffage à reflux. Quel est l'intérêt de ce montage ?



2.2. Écrire à l'aide des formules semi-développées l'équation de la réaction d'estérification envisagée (réaction 2) et préciser le nom des espèces chimiques.

2.3. Donner les caractéristiques de cette réaction.

2.4. Un suivi cinétique de la réaction permet de tracer le graphe de la quantité d'ester formée en fonction du temps (graphe ci-dessous) :



Définir le rendement de cette réaction et le calculer.

2.5. On utilise maintenant pour cette synthèse 0,50 mol d'acide et 0,20 mol d'alcool.

Le rendement va-t-il évoluer ? Expliquer.

Lors de cette synthèse, après refroidissement, on récupère la phase organique ; elle est nommée solution S₂.

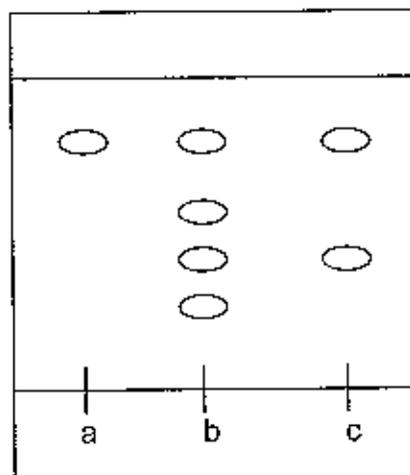
3. Chromatographie sur couche mince

Sur une plaque de silice sensible au rayonnement UV, on effectue trois dépôts :

(a) - solution contenant du butanoate d'éthyle pur (b) - solution S₁

(c) - solution S₂ diluée

La plaque est révélée avec une lampe émettant des radiations ultraviolettes, on obtient le chromatogramme suivant :



- 3.1. Quel est le rôle d'une chromatographie sur couche mince ?
- 3.2. Comment appelle-t-on le solvant ou mélange de solvants utilisé dans la cuve à chromatographie ?
- 3.3. Interpréter le chromatogramme pour les solutions S₁ et S₂.
- 3.4. Le rapport frontal R_f d'une espèce chimique, dans un solvant ou mélange de solvants donné, est défini par : $R_f = \frac{x}{h}$ où h est la distance parcourue par le solvant ou mélange de solvants et x la distance parcourue par l'espèce chimique.
Déterminer la valeur du rapport frontal du butanoate d'éthyle dans les conditions de cette chromatographie.

EXERCICE 3 (spécialité) : synthèse de la lidocaïne (4 points)

La lidocaïne est un anesthésique très utilisé en pédiatrie. On se propose de suivre différentes étapes de sa synthèse.

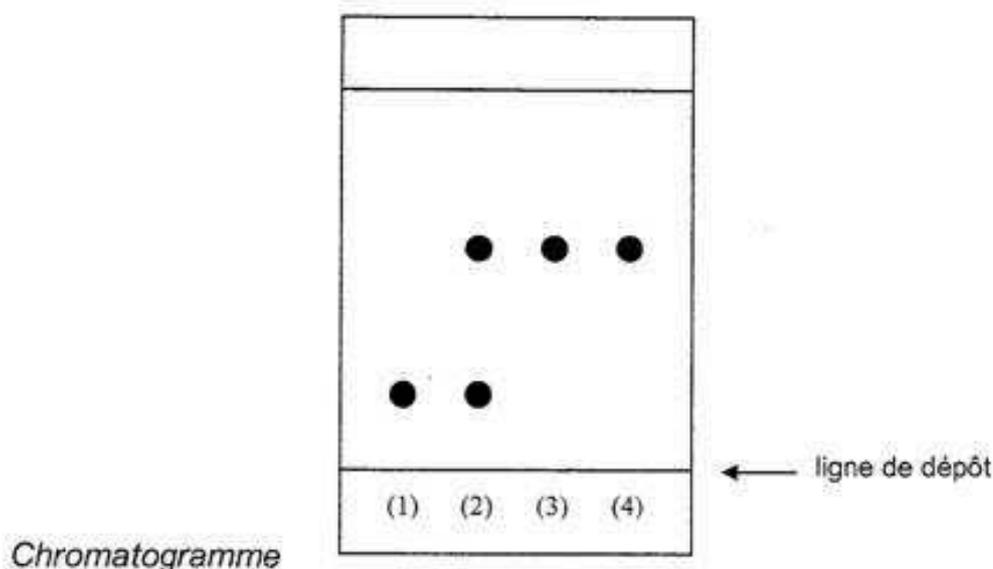
Dans un ballon bicol de 100 mL, on introduit une masse $m_1 = 4,0$ g de *N*-chloroacétyl-2,6-diméthylaniline à l'état solide que l'on notera par la suite **A** et un volume $V_2 = 10,0$ mL de diéthylamine à la date $t_1 = 0$ min. On ajoute un volume $V_3 = 50$ mL de toluène jouant le rôle de solvant pour toutes les espèces chimiques du mélange réactionnel. À l'aide d'un réfrigérant, on chauffe à reflux le mélange précédent.

Équation chimique de la synthèse :



Pour suivre la formation de la lidocaïne, on réalise quatre prélèvements (1) (2) (3) (4) du mélange réactionnel aux différents instants de dates respectives : $t_1 = 0$ min ; $t_2 = 20$ min ; $t_3 = 60$ min ; $t_4 = 90$ min. Ces quatre prélèvements sont placés au fur et à mesure dans une enceinte à basse température. Ainsi, la composition de chacun des prélèvements en attente reste constante.

Le dernier prélèvement étant effectué, on réalise la chromatographie de chacun des prélèvements sur une même plaque de silice. On obtient le chromatogramme ci-dessous où seuls le réactif A et la lidocaïne apparaissent.



La réaction étant terminée, on extrait la lidocaïne en deux étapes :

- 1^{ère} étape : On extrait le produit à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration 3 mol.L^{-1} puis d'une solution d'hydroxyde de potassium à 6 mol.L^{-1} .

- 2^{ème} étape : On complète l'extraction du produit organique présent dans la phase aqueuse à l'aide de pentane.
On récupère cette phase organique puis on verse du sulfate de magnésium anhydre. On filtre et on évapore le pentane afin que le produit cristallise.

Grâce à ces deux extractions successives, on obtient une masse $m = 3,8$ g de lidocaïne.

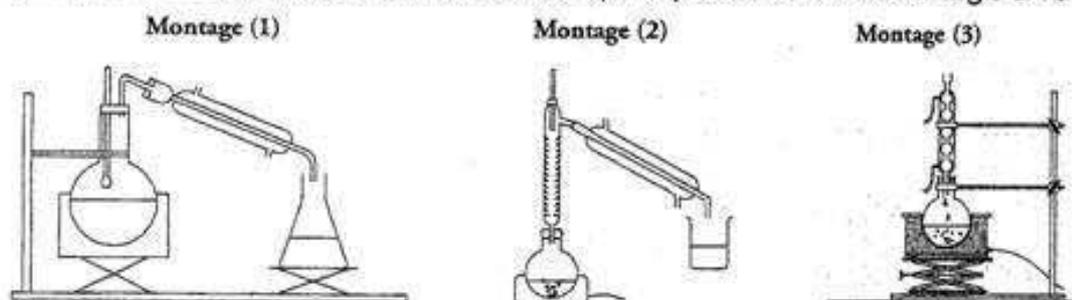
Données :

Substance	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	Température d'ébullition (°C)	Température de fusion (°C)	Masse volumique (g/mL ⁻¹)
Toluène	92,0	110	- 93	0,865
Diéthylamine	73,0	55	- 50	0,707
Lidocaïne	234,3	180	68	
A	197,7			
Pentane	72,0	36	- 129	0,63
Acide chlorhydrique	36,5			1,15

- La lidocaïne est un amide. Recopier sa formule et entourer le groupe caractéristique amide.
- Choisir dans la liste suivante la verrerie que l'on doit utiliser pour mesurer les volumes V_2 et V_3 . Justifier.
 - bécher 50 mL
 - fiole jaugée 50 mL
 - pipette jaugée 10 mL
 - bécher 100 mL
 - éprouvette graduée 10 mL
 - éprouvette graduée 50 mL

3. Montage

3.1 Indiquer parmi les montages suivants celui qui représente un chauffage à reflux.



3.2 Quel est l'intérêt de ce type de montage ?

- D'après le chromatogramme (page 7), à partir de quelle date peut-on considérer avec certitude que la réaction est terminée ? Justifier.
- Dans l'étape 2 du protocole, à quoi sert le sulfate de magnésium anhydre ?
- Pendant la deuxième étape de l'extraction, quelle gamme de température choisir afin d'évaporer la totalité du pentane et cristalliser la lidocaïne ?
- Rendement
 - 7.1 Déterminer les quantités de matière des réactifs initialement versés.
 - 7.2 Construire le tableau d'avancement.
 - 7.3 Montrer que la quantité de matière de lidocaïne que l'on devrait théoriquement obtenir est 20 mmol.
 - 7.4 Calculer la quantité de matière de lidocaïne obtenue expérimentalement.
 - 7.5 Définir et calculer le rendement de cette synthèse.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 11 et 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

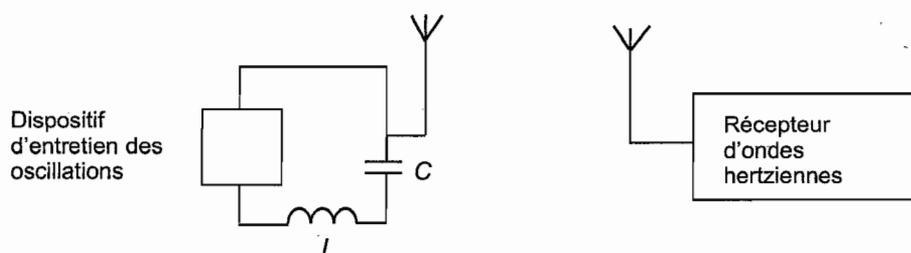
**Exercice III : Émission et réception des ondes électromagnétiques
(4 points)**
1. Émission des ondes électromagnétiques.

Les ondes électromagnétiques, se propageant à grande vitesse et même en l'absence de milieu matériel, constituent un support de choix pour la transmission de l'information. Depuis la première production et détection d'ondes électromagnétiques par Hertz en 1888 des progrès importants ont été réalisés.

1.1. Sur les pas de Hertz.

En 1888 Hertz met au point un oscillateur permettant de rayonner des ondes électromagnétiques par une série d'étincelles entre deux sphères légèrement espacées. Ces étincelles résultent de décharges électriques oscillantes entre les deux sphères qui jouent le rôle d'un condensateur. On peut estimer la durée d'une oscillation à un cent millionième de seconde.

On assimilera par la suite l'oscillateur de Hertz à un dipôle LC muni d'un dispositif d'entretien des oscillations. Un tel dipôle muni d'une antenne est capable de produire des ondes électromagnétiques de période $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.



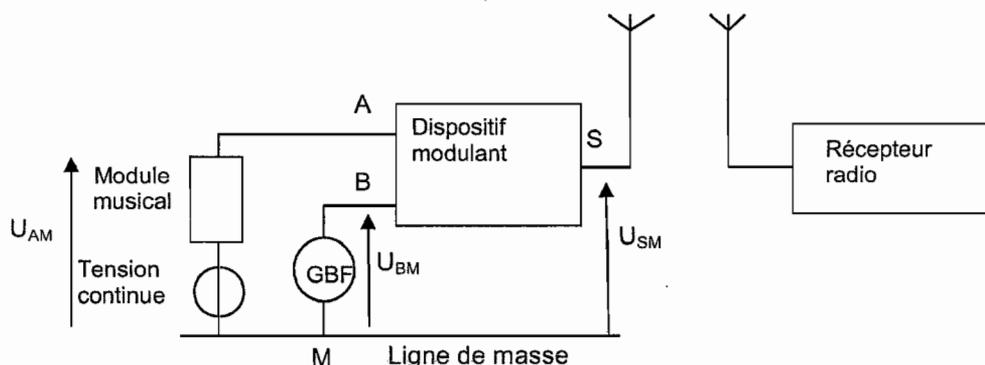
1.1.1. Du point de vue énergétique, quel est le rôle du dispositif d'entretien des oscillations ?

1.1.2. Déterminer l'inductance L de l'oscillateur de Hertz sachant que la capacité du condensateur est $C = 10 \text{ pF}$.

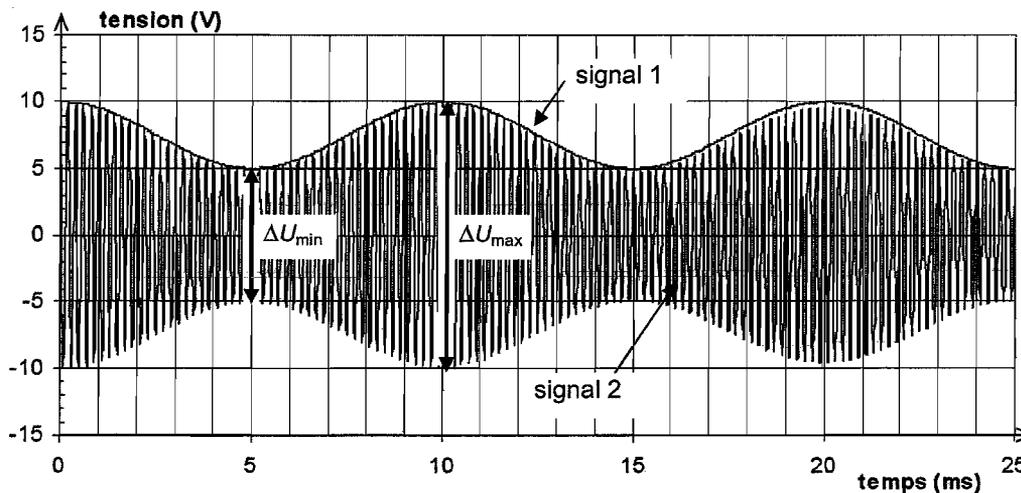
1.2. Sur les traces de Marconi.

En 1895 Marconi réalise la première liaison radio sur plusieurs kilomètres.

On désire réaliser la transmission par voie hertzienne d'un signal sonore sinusoïdal enregistré sur un module musical. Pour ce faire on réalise le dispositif suivant :



Un ordinateur muni d'une interface permet d'observer deux des trois tensions représentées sur le schéma précédent :



1.2.1. Attribuer à chaque signal la tension enregistrée. Justifier la réponse.

1.2.2. Déterminer la fréquence du signal sonore enregistré.

1.2.3. Déterminer ΔU_{\max} et ΔU_{\min} puis calculer le taux de modulation $m = \frac{\Delta U_{\max} - \Delta U_{\min}}{\Delta U_{\max} + \Delta U_{\min}}$.

1.2.4. Cas de la surmodulation

1.2.4.1. Quelle est la condition pour ne pas avoir de surmodulation ?

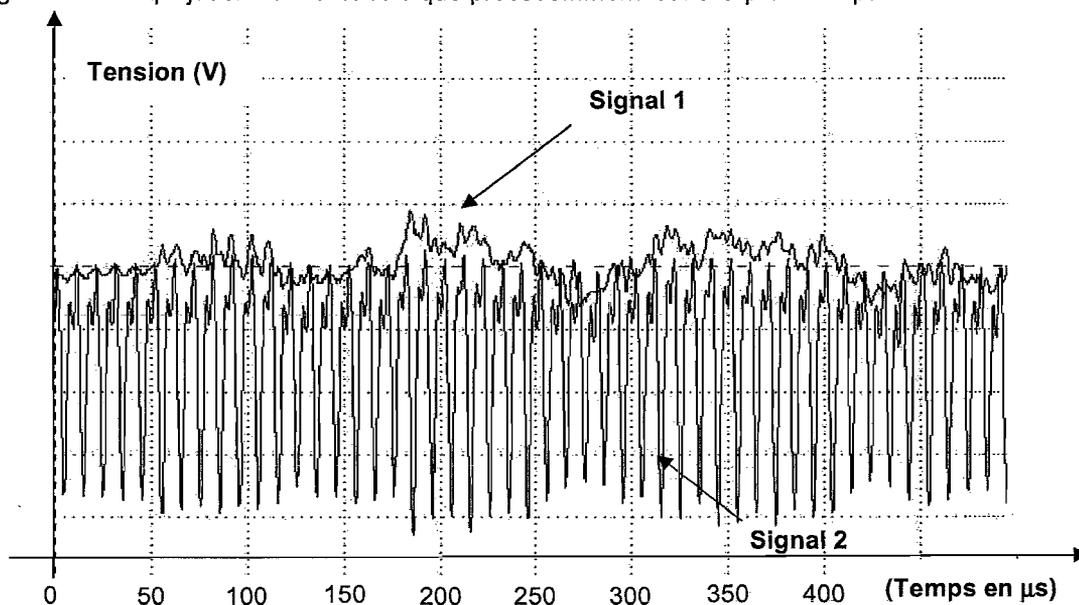
1.2.4.2. Représenter une situation de surmodulation sur la figure de l'annexe page 12.

1.2.4.3. Pourquoi faut-il éviter le phénomène de surmodulation ?

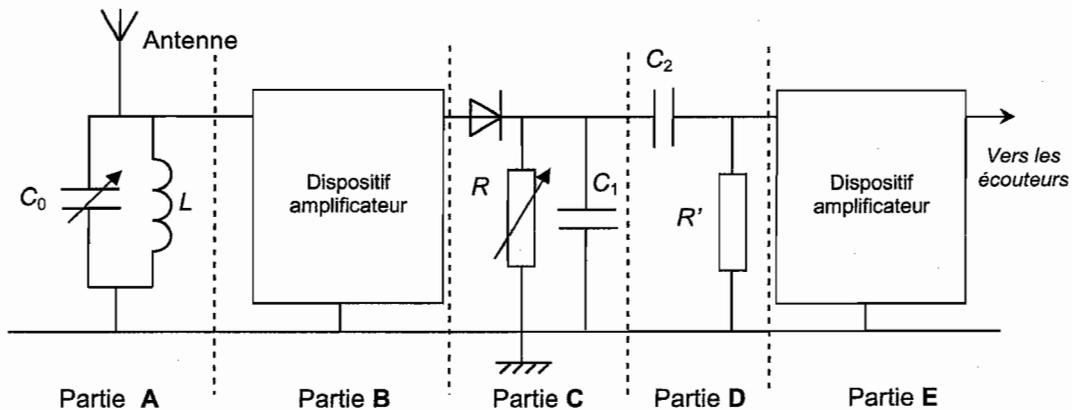
1.2.4.4. Quelle tension faut-il modifier pour éviter ce phénomène ?

2. Réception des ondes radio.

On a enregistré cette fois-ci une mélodie sur le module musical ; on observe au niveau de l'émetteur les deux signaux 1 et 2 qui jouent le même rôle que précédemment dans la première partie.



Afin de pouvoir capter à distance le signal enregistré on réalise le circuit récepteur d'ondes radio ci-dessous ; on s'intéresse alors au rôle joué par chacune des parties du montage.

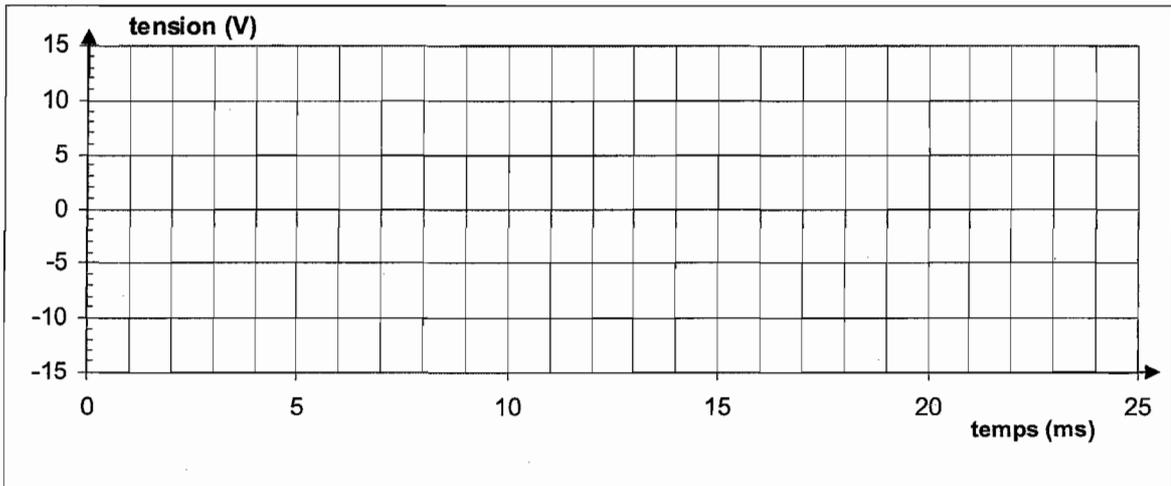


- 2.1. Quel est le rôle de la partie A ?
- 2.2. On capte de façon optimale le signal en ajustant C_0 à la valeur de $6,3 \cdot 10^{-10}$ F. L'inductance de la bobine vaut $L = 4,0$ mH.
Montrer que cette valeur est en accord avec l'oscillogramme.
- 2.3. Quel est le rôle de la partie C ?
- 2.4. Rappeler, en précisant les unités, l'expression de la constante de temps τ du dipôle (RC_1)
- 2.5. Pour avoir une bonne détection d'enveloppe la constante de temps τ doit avoir une valeur comprise dans l'intervalle : $T_p \ll \tau < T_m$ avec T_p : période de la porteuse et T_m : période correspondant à la fréquence moyenne f_m du signal modulant.
 - 2.5.1. En admettant que les ondes sonores enregistrées sont dans une gamme de fréquences voisines de $f_m = 5,0$ kHz, déterminer la période T_m du signal modulant.
 - 2.5.2. Sachant que $C_1 = 10$ nF, exprimer R sous forme d'un intervalle de valeur de résistances pour que les conditions d'une bonne détection d'enveloppe soient requises.
- 2.6. Quel est le rôle du dipôle série ($R'C_2$) ?
- 2.7. Après une dernière amplification du signal on peut enfin écouter le signal sonore. Le son perçu est-il pur ou complexe ? Justifier.

Aide aux calculs : $\pi^2 = 10$; $2\pi \times 1,6 = 10$; $\sqrt{2,52} = 1,6$; $\sqrt{252} = 16$

ANNEXES (suite)

Exercice III : Partie I) Question 1.2.4.2 : graphe à tracer



EXERCICE III. TITRAGE DES IONS DANS UNE EAU MINÉRALE (4 points)

Les eaux minérales contiennent des espèces dissoutes. La législation impose un étiquetage précisant les quantités contenues dans un litre d'eau.

Sur l'étiquette endommagée d'une bouteille d'eau minérale gazeuse, on peut lire les valeurs des concentrations massiques en ions données dans le tableau ci-dessous.

Les valeurs concernant les ions chlorure et calcium ne sont plus lisibles.

Cation	Sodium Na^+	Potassium K^+	Calcium Ca^{2+}	Magnésium Mg^{2+}
Concentration massique en mg.L^{-1}	1708	132	?	11
Anion	Hydrogénocarbonate HCO_3^-	Chlorure Cl^-	Sulfate SO_4^{2-}	Fluorure F^-
Concentration massique en mg.L^{-1}	4368	?	174	1

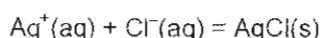
Cet exercice propose, en deux parties, deux méthodes de titrage pour retrouver les valeurs manquantes :

- un titrage par précipitation pour déterminer la concentration massique en ions chlorure Cl^- ,
- un titrage complexométrique pour déterminer la concentration massique en ions calcium Ca^{2+} .

1. Première partie : titrage par précipitation des ions chlorure

On dégaze l'eau minérale par agitation et on prélève un volume $V_1 = 20,0$ mL que l'on introduit dans un grand becher. On rajoute un volume d'environ 200 mL d'eau distillée. On plonge dans le milieu une cellule de conductimétrie. À l'aide d'une burette graduée, on ajoute progressivement une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$) de concentration molaire $c_2 = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le mélange obtenu dans le becher est maintenu sous une agitation régulière. **La figure 2 de l'annexe page 8 (à rendre avec la copie)** donne la courbe d'évolution de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V_2 versé de la solution de nitrate d'argent.

- 1.1. Compléter le schéma de la **figure 3 de l'annexe page 9 (à rendre avec la copie)** du dispositif utilisé lors de ce titrage.
- 1.2. Lors de ce titrage, les ions chlorure $\text{Cl}^-(\text{aq})$ réagissent avec les ions argent $\text{Ag}^+(\text{aq})$ pour former un précipité blanc de chlorure d'argent $\text{AgCl}(\text{s})$. La transformation associée à la réaction est totale. L'équation de la réaction de précipitation est la suivante :



- 1.2.1. Ce titrage est-il direct ou indirect ?
- 1.2.2. Compléter le tableau décrivant l'évolution du système à l'équivalence donné par la **figure 4 de l'annexe page 9 (à rendre avec la copie)**. On note $n_{2\text{éq}}$ la quantité de matière (en mol) d'ions argent versée à l'équivalence.
- 1.2.3. En déduire la relation entre la quantité initiale n_1 en mol des ions chlorure et la quantité de matière $n_{2\text{éq}}$ (en mol) d'ions argent versée à l'équivalence.
- 1.3. Quel événement correspond au point d'intersection des deux segments de droite de la courbe de la **figure 2 de l'annexe page 8** ? En déduire la valeur du volume $V_{2\text{éq}}$ de la solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence.
- 1.4. En utilisant les questions précédentes, calculer la concentration molaire c_1 des ions chlorure dans l'eau minérale étudiée.

- 1.5. La concentration massique t (exprimée en g.L^{-1}) d'une espèce chimique X en solution est le produit de sa concentration molaire (exprimée en mol.L^{-1}) par sa masse molaire moléculaire (exprimée en g.mol^{-1}).
Calculer la concentration massique notée t_1 des ions chlorure dans cette eau minérale. On donnera le résultat en mg.L^{-1} .

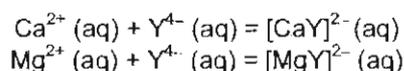
Donnée : masse molaire atomique du chlore $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

2. Deuxième partie : titrage complexométrique des ions calcium

On utilise comme solution titrante, une solution d'acide ÉthylèneDiamineTétraAcétique connue aussi sous le nom d'EDTA. Ce titrage se fait en présence d'un indicateur coloré de fin de réaction et d'une solution tampon permettant de maintenir le pH de la solution entre 9 et 10.

On réalise le titrage d'un volume $V'_1 = 20,0 \text{ mL}$ d'eau minérale par la solution d'EDTA de concentration molaire $c'_2 = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. À l'équivalence, le volume versé d'EDTA est $V'_{2\text{Eq}} = 10,8 \text{ mL}$.

- 2.1. En milieu basique, l'EDTA contient des ions notés Y^{4-} qui réagissent avec les ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) contenus dans l'eau minérale pour former des complexes très stables selon les équations :



Soient $n_i(\text{Ca}^{2+})$ et $n_i(\text{Mg}^{2+})$ les quantités de matière initiales d'ions calcium et magnésium présents dans le volume V_1 d'eau minérale. $n'_{2\text{Eq}}$ désigne la quantité de matière d'ions Y^{4-} versée pour atteindre l'équivalence.

Quelle relation lie ces trois quantités de matière ?

- 2.2. Montrer que la somme des concentrations molaires des ions calcium et magnésium est donnée par la relation : $[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] = \frac{c'_2 \cdot V'_{2\text{Eq}}}{V'_1}$

- 2.3. À l'aide de la valeur (donnée dans le tableau de l'introduction) de la concentration massique des ions magnésium contenus dans l'eau minérale étudiée, en déduire la valeur de la concentration massique (en mg.L^{-1}) des ions calcium dans cette eau.

Données : Masses molaires atomiques $M(\text{Ca}) = 40,1 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g.mol}^{-1}$

ANNEXE DE L'EXERCICE III (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Question 1.3.

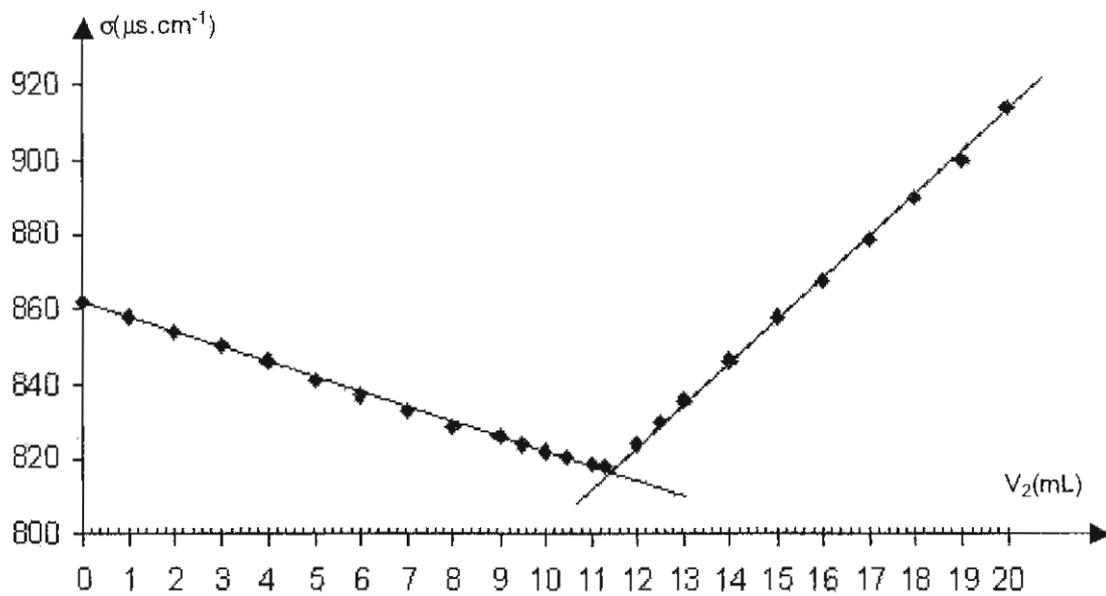


Figure 2 -

ANNEXE DE L'EXERCICE III (suite) (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Question 1.1.

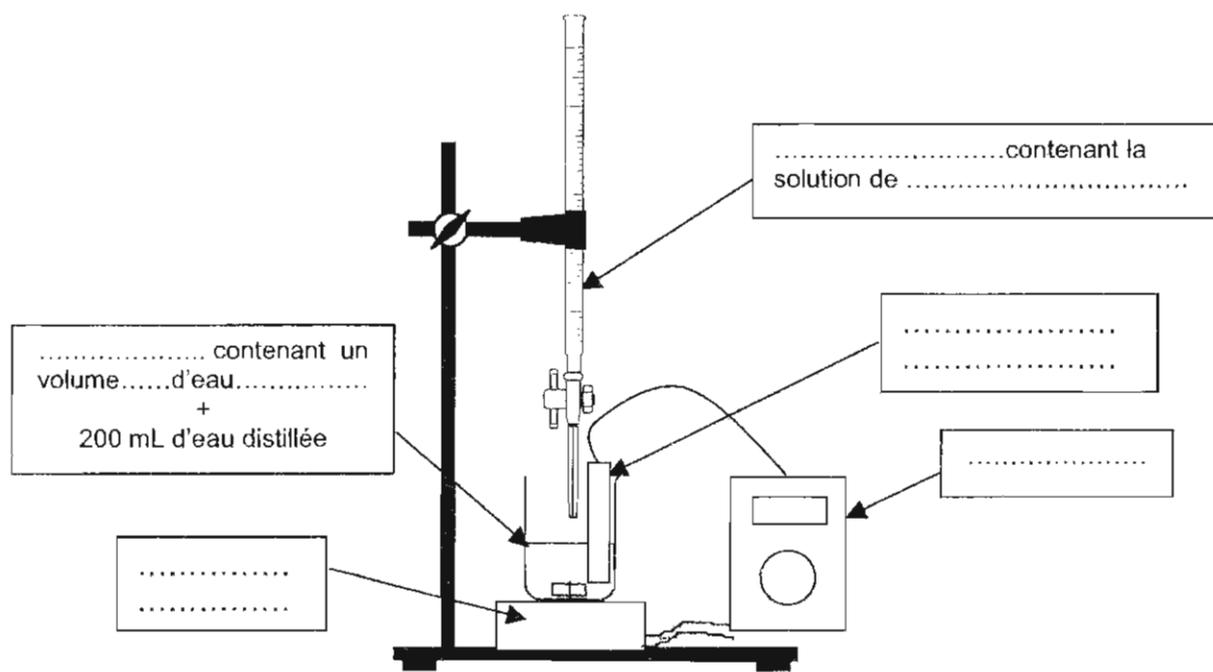


Figure 3

Question 1.2.2.

équation chimique		$Ag^+(aq)$	+	$Cl^-(aq)$	=	$AgCl(s)$
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (en mol)				
État initial	0	$n_{2Éq}$		n_1		
En cours de transformation	x					
À l'équivalence	$x_{Éq}$					

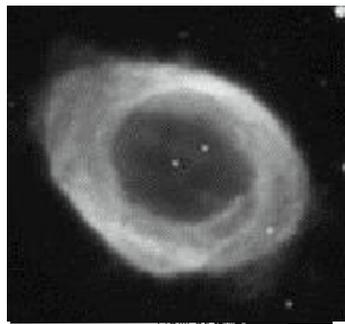
Figure 4

EXERCICE I. VISIBILITÉ D'UNE NÉBULEUSE ANNULAIRE (4 points)

L'observatoire du Harvard College aux États-Unis, s'est doté en 1847 d'une lunette dont l'objectif a un diamètre de 38 cm. Il s'agissait d'un instrument remarquable pour l'époque au point de rester célèbre sous le nom de « Grand réfracteur ». Cet instrument a permis de réaliser la première photographie d'une étoile en 1850 : l'astronome W. C. BOND a réalisé des daguerréotypes de l'étoile Véga dans la constellation de la Lyre.

D'après *Astronomie* aux éditions Atlas.

Située près de la constellation de la Lyre, la nébuleuse annulaire de la Lyre (nommée M 57) est le prototype des nébuleuses planétaires. Elle s'est formée il y a environ 20 000 ans à partir d'une étoile qui, en explosant, a libéré des gaz ayant une structure que l'on assimilera à un anneau circulaire (photographie ci-dessous).



L'exercice propose de déterminer le diamètre apparent de cette nébuleuse que l'on désignera par M 57 dans le texte, observée avec la lunette de l'observatoire de Harvard.

Pour cela, on négligera le phénomène de diffraction qui intervient dans l'utilisation d'une lunette.

On rappelle qu'une lunette est dite afocale lorsque le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire sont confondus.

- Pour les angles petits et exprimés en radians : $\tan \alpha \approx \alpha$
- On prendra comme valeur de l'année de lumière : $1 \text{ a.l.} = 1,00 \times 10^{13} \text{ km}$.

La lunette de l'observatoire de Harvard sera modélisée par un système de deux lentilles minces L_1 et L_2 (voir figure PAGE A1 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE) :

- ❖ L'objectif (L_1) est une lentille convergente de centre optique O_1 , de diamètre 38,0 cm et de distance focale $f_1 = 6,80 \text{ m}$.
- ❖ L'oculaire (L_2) est une lentille convergente de centre optique O_2 et de distance focale $f_2 = 4,0 \text{ cm}$.

1. La distance entre les centres optiques des deux lentilles est de 6,84 m.

1.1. Montrer que cette lunette est afocale.

1.2. Sur le schéma PAGE A1 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, réalisé sans souci d'échelle, on a représenté les deux lentilles et la position du foyer image F'_1 de l'objectif L_1 .

Sur ce schéma, placer les foyers F_2 et F'_2 de l'oculaire L_2 dans le cas d'une lunette afocale.

2. La nébuleuse M 57, supposée à l'infini, est représentée sur le schéma PAGE A1 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE par $A \infty B \infty$ ($A \infty$ étant sur l'axe optique). Un rayon lumineux issu de $B \infty$ est également représenté.

- 2.1. Construire, sur le schéma **PAGE A1 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, l'image A_1B_1 de l'objet $A_\infty B_\infty$, donnée par l'objectif.
- 2.2. On désigne par α le diamètre apparent de la nébuleuse M 57, α est l'angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu.
Quelle est, en fonction de f'_1 et A_1B_1 , l'expression du diamètre apparent α ?
3. L'oculaire L_2 permet d'obtenir une image définitive $A'B'$ de la nébuleuse M 57.
- 3.1. La lunette étant afocale, où sera située l'image $A'B'$? Justifier la réponse.
- 3.2. Construire, sur le schéma **PAGE A1 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la marche d'un rayon lumineux issu de B_1 permettant de trouver la direction de B' .
4. On désigne par α' le diamètre apparent de l'image $A'B'$ vue à travers la lunette, α' est l'angle sous lequel on voit l'image donnée par l'instrument.
- 4.1. Exprimer le diamètre apparent α' en fonction de f'_2 et A_1B_1 .
- 4.2. On appelle grossissement G d'un instrument d'optique le rapport $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.
Déduire des questions précédentes l'expression du grossissement G de la lunette de l'observatoire de Harvard, puis sa valeur numérique.

5. Application.

La nébuleuse M 57, située à la distance $L \approx 2600$ a.l. de la Terre a un diamètre D :

$$D = A_\infty B_\infty = 1,3 \times 10^{13} \text{ km.}$$

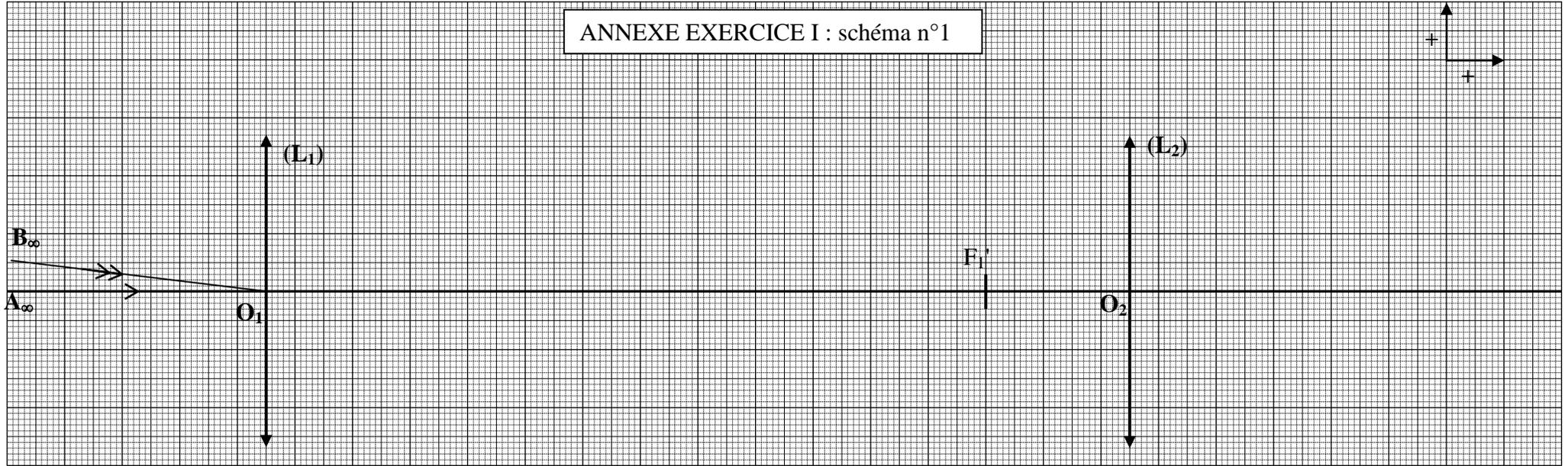
- 5.1. Sachant que l'œil voit comme un point tout objet de diamètre apparent inférieur à $3,0 \times 10^{-4}$ rad, montrer qu'il peut théoriquement distinguer les points A_∞ et B_∞ .
- 5.2. En réalité, la nébuleuse M 57 n'est pas observable à l'œil nu, mais, à travers la lunette, elle devient faiblement visible.
Proposer une explication.
Quel est, à votre avis, l'intérêt d'utiliser pour les observations, des lunettes (et actuellement des télescopes) qui ont un objectif dont le diamètre est de plus en plus grand ?
- 5.3. Calculer le diamètre apparent de cette nébuleuse vue à travers la lunette de l'observatoire de Harvard.

6. Position de l'œil.

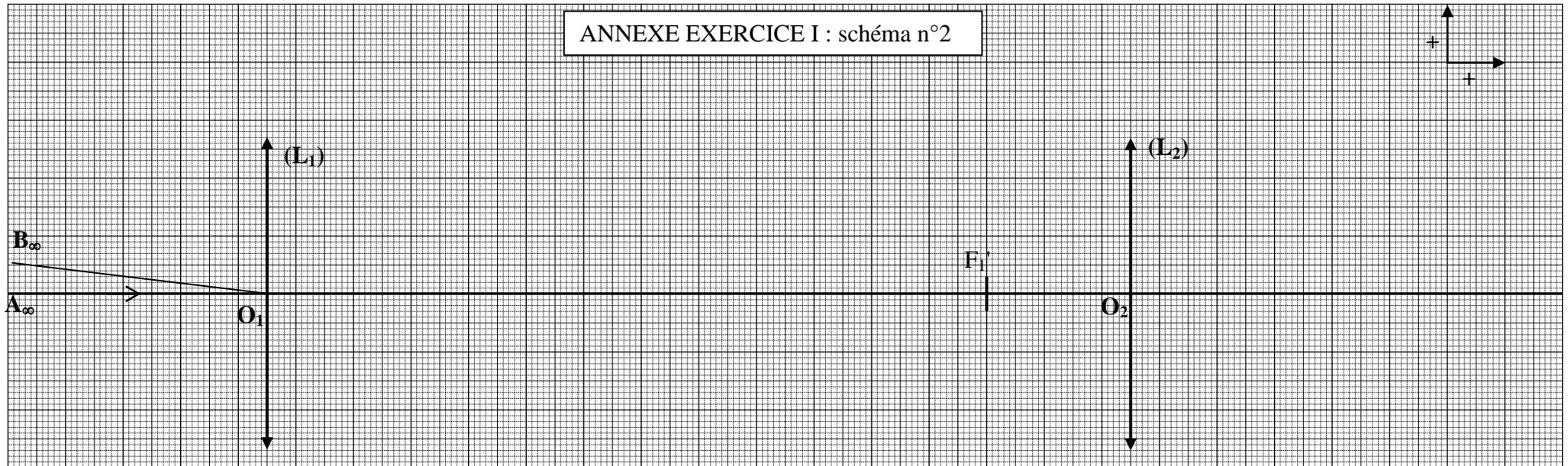
Lors d'une observation, on place l'œil derrière l'oculaire dans une zone appelée « cercle oculaire ».

- 6.1. Définir le cercle oculaire.
- 6.2. Pourquoi est-il indiqué de placer l'œil à cet endroit ?
- 6.3. Construire, sur le schéma **PAGE A1 EN ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, le cercle oculaire.

ANNEXE EXERCICE I : schéma n°1



ANNEXE EXERCICE I : schéma n°2



BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 2010
—**PHYSIQUE-CHIMIE**Série S
—DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8
—**L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé****Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré**

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 11 et 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE III. AFFICHAGE TÊTE HAUTE (4 points)

Le dispositif d'**Affichage Tête Haute (ATH)** est principalement utilisé dans les avions de chasse et certaines voitures. Il consiste à projeter des informations (valeur de la vitesse instantanée, indication sur la route à suivre ...), devant le pare-brise d'un véhicule, dans le bas du champ de vision du conducteur. Ces images se superposent au paysage et permettent donc au conducteur de voir les informations fournies sans quitter la route des yeux (**figure 8**).



Figure 8. Vue du tableau de bord d'un véhicule muni de l'affichage tête haute

La première partie de cet exercice montre l'intérêt de ce dispositif d'affichage du point de vue de la sécurité et la deuxième partie en étudie le principe simplifié.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Intérêt du dispositif ATH

On étudie, au préalable, la lecture de la vitesse affichée au compteur par un conducteur dans un véhicule qui n'est pas équipé du dispositif d'affichage ATH.

L'œil du conducteur est modélisé par l'ensemble constitué de :

- une lentille mince convergente, de centre O, de foyer image $F'_{\text{œil}}$ et de distance focale $f'_{\text{œil}}$ réglable, qui représente le système optique convergent de l'œil ;
- un écran plat vertical représentant la rétine, sur laquelle se forme l'image.

L'orbite de l'œil n'étant pas déformable, la distance entre l'écran et la lentille est fixe.

Le schéma de ce modèle se trouve en **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**.

On rappelle qu'un œil normal au repos voit net un objet situé à l'infini.

1.1. Le conducteur voit net un objet AB situé à l'infini.

1.1.1. Sur la **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, tracer l'image $A'B'$ de l'objet AB situé à l'infini.

1.1.2. Indiquer, sur la figure **9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, les positions du foyer objet $F_{\text{œil}}$ et du foyer image $F'_{\text{œil}}$ de la lentille modélisant l'œil du conducteur.

1.2. L'expression de la relation de conjugaison pour une lentille mince est :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$$

1.2.1. Que représentent les distances OA , OA' et OF' ?

1.2.2. Définir la vergence C d'une lentille en indiquant son unité.

1.3. Pour contrôler sa vitesse, le conducteur regarde maintenant le compteur de vitesse situé à une distance d'environ un mètre de son œil.

La valeur de la vergence de la lentille qui modélise l'œil doit-elle augmenter ou diminuer par rapport à sa valeur au repos pour voir nettement le compteur de vitesse ? Justifier.

1.4. La notice d'utilisation d'un afficheur tête haute du commerce donne les informations suivantes :

«En disposant d'informations dans son champ de vision, le conducteur évite ainsi des allers et des retours du regard entre le tableau de bord et la route. L'effet d'éloignement des images projetées lui évite également de réadapter constamment sa vue à des changements de distance. Dispensé de ces deux actions, le conducteur gagne alors *environ une seconde d'attention ...*»

D'après la notice d'utilisation d'un afficheur tête haute du commerce

1.4.1. Quelle distance parcourt une voiture roulant à la vitesse de 120 km/h pendant la « seconde d'attention » perdue lors d'un aller-retour du regard ?

Aide aux calculs : $1,2 \times 3,6 = 4,3$;

$$\frac{1,2}{3,6} = 3,3 \times 10^{-1} ;$$

$$\frac{3,6}{1,2} = 3,0$$

1.4.2. En déduire l'intérêt principal de l'affichage tête haute.

2. Principe de l'affichage tête haute

La technologie embarquée sur les automobiles actuelles fonctionne avec un dispositif optique situé derrière le tableau de bord qui projette des informations au-delà du pare-brise, le conducteur ayant l'illusion que ces dernières se trouvent à *l'extérieur de la voiture*, à environ 1 mètre par rapport au bas du pare-brise.

Principe de l'affichage tête haute, d'après un site Internet

2.1. L'ensemble du dispositif optique installé dans le tableau de bord est constitué :

- d'une source lumineuse à diodes affichant la valeur de la vitesse, considérée dans l'exercice comme l'objet lumineux AB ;
- d'une lentille mince convergente de distance focale f' .

Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12** schématisant le dispositif, on a représenté l'image A_1B_1 de l'objet AB donnée par la lentille.

2.1.1. Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, tracer la marche de deux rayons issus de B permettant de construire l'image B_1 .

2.1.2. Définir le grandissement γ de la lentille. Sa valeur algébrique est-elle positive ou négative ? Sa valeur absolue est-elle supérieure ou inférieure à 1 ?

2.2. Réflexion sur le pare-brise

L'image A_1B_1 de la partie précédente est ensuite réfléchi par le pare-brise. Pour simplifier le problème, on peut considérer que le pare-brise se comporte pour A_1B_1 comme un miroir plan, incliné de 45° par rapport à la verticale Oz (**figure 10**).

2.2.1. Quel rôle joue A_1B_1 pour le miroir plan ?

2.2.2. Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, placer l'image $A'B'$ de A_1B_1 donnée par le miroir plan. Justifier.

2.3. On voudrait faire en sorte que les indications de l'affichage tête haute soient plus grandes. Sans faire de calcul, quelle solution proposeriez-vous ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

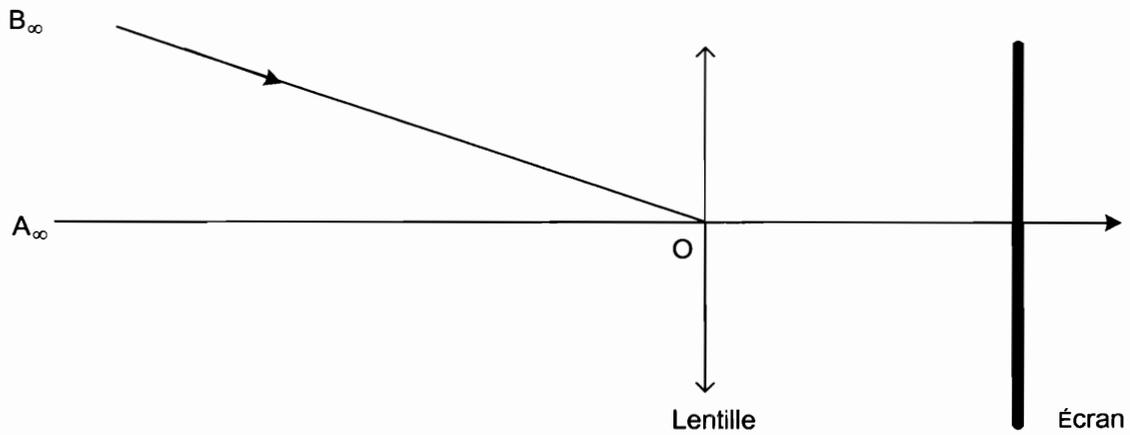


Figure 9. Schéma modélisant l'œil du conducteur

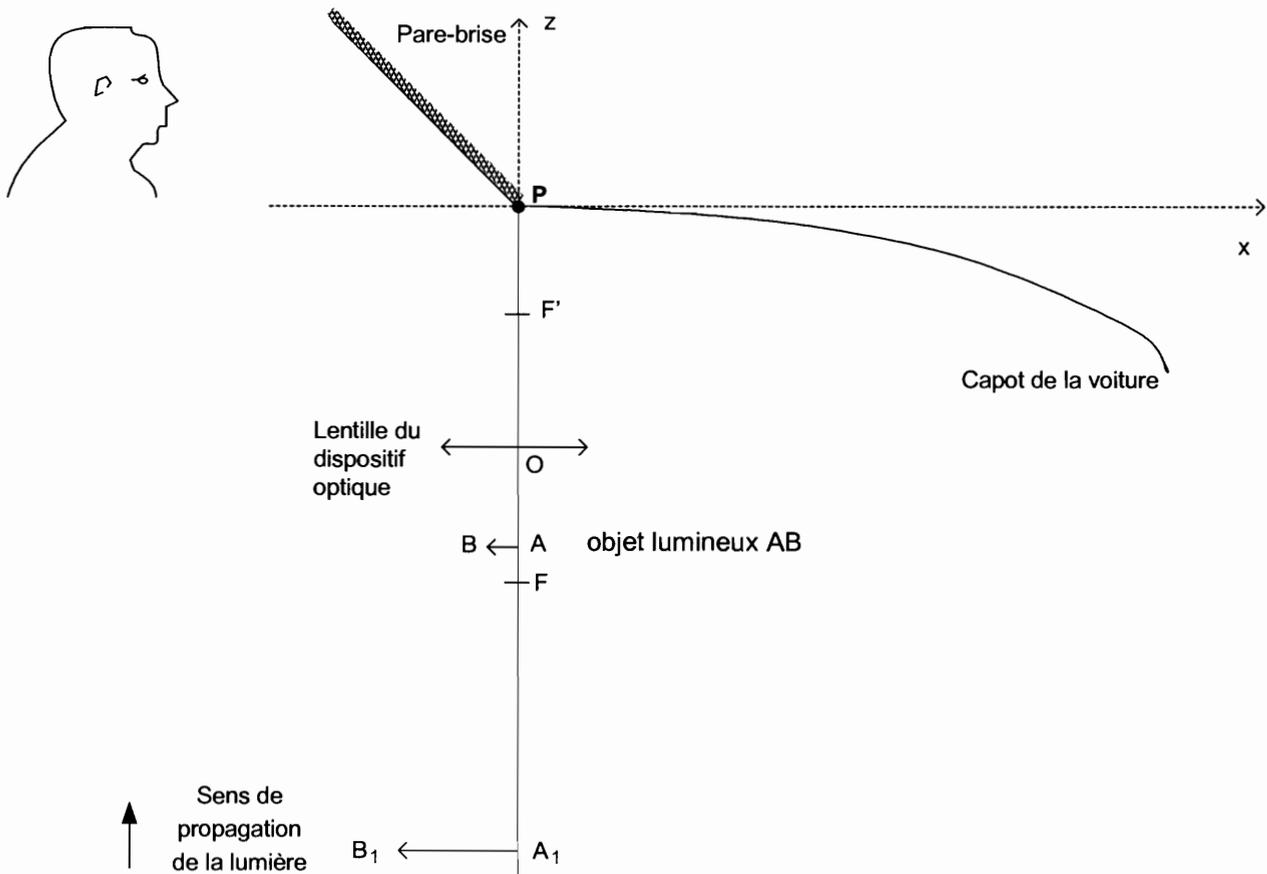


Figure 10. Schéma du dispositif d'affichage tête haute

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 12 et 13) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE III. AUTOUR DE L'OREILLE (4 points)

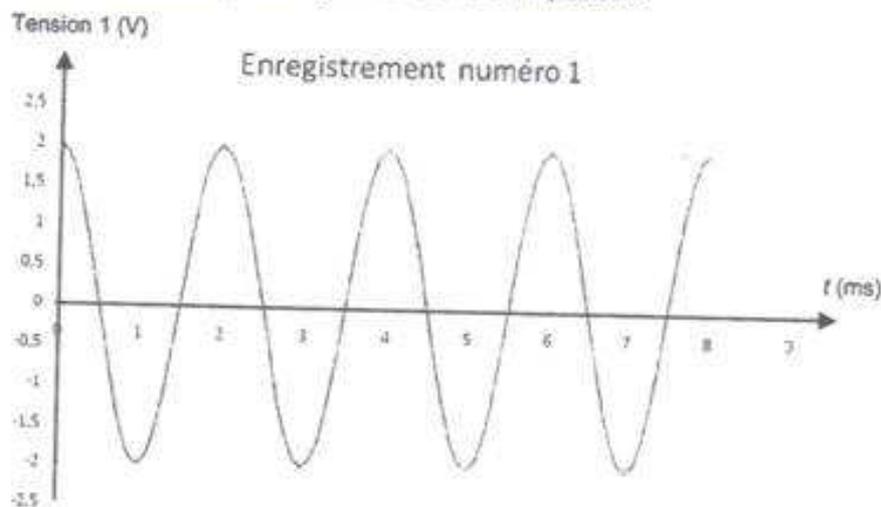
On se propose dans cet exercice de travailler sur le détecteur sonore que constitue l'oreille chez l'être humain. L'objectif étant de comprendre ses principales caractéristiques à travers des exemples simples.

1. Quelques caractéristiques du son

L'oreille sert à détecter les sons. Pour le musicien, le son possède 4 qualités ou paramètres que sont la hauteur, l'intensité, le timbre et la durée. Dans toute la suite de l'exercice, on ne s'intéressera qu'aux trois premiers paramètres à savoir la hauteur, l'intensité et le timbre d'un son.

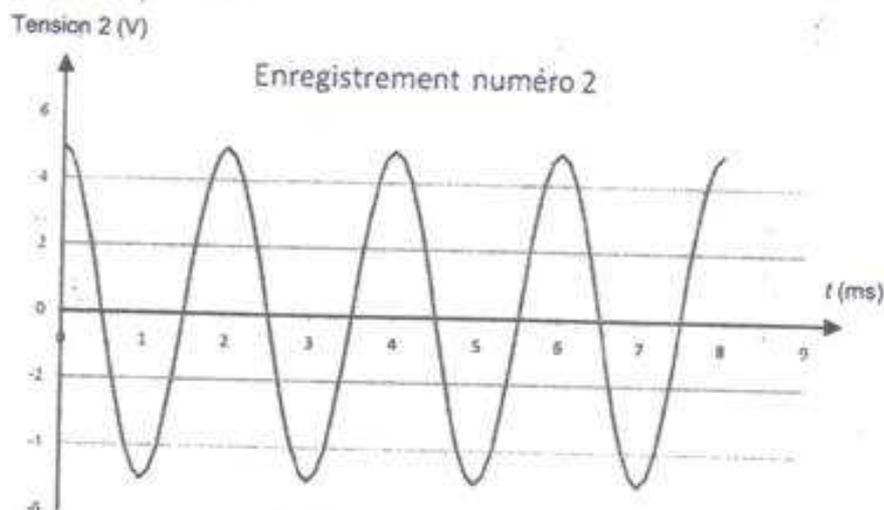
1.1. Donner la définition de la hauteur d'un son.

Le document qui suit présente l'enregistrement, à l'aide d'un logiciel d'acquisition adapté, du son produit par un haut-parleur alimenté par un générateur de fréquences.

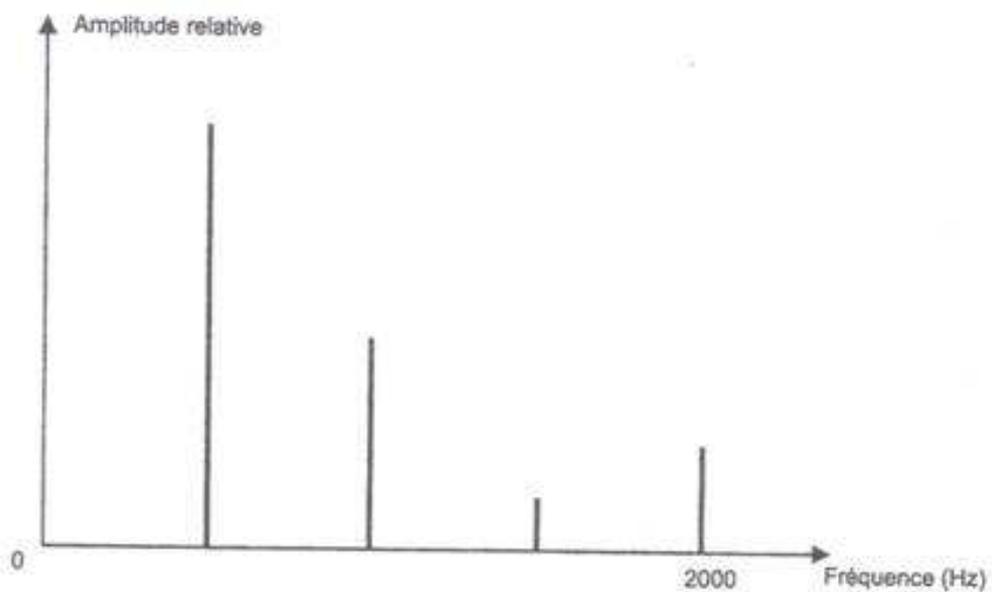
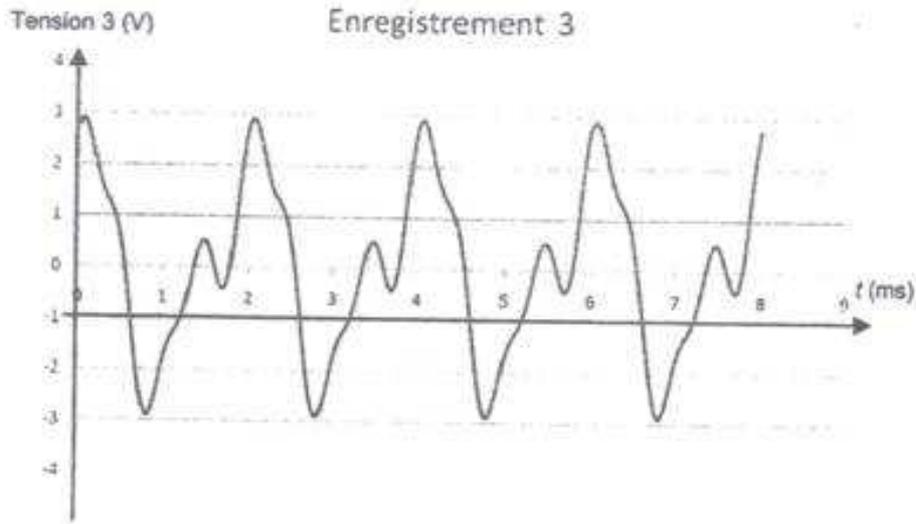


1.2. Déterminer la hauteur du son enregistré.

On effectue un autre enregistrement du son émis par le haut-parleur en modifiant un réglage au niveau du générateur de fréquences :



1.3. Quelle modification a effectué l'expérimentateur pour obtenir ce nouvel enregistrement. Quel paramètre du son, parmi les trois proposés par l'énoncé, a varié dans ce nouvel enregistrement ? Justifier votre réponse.



- 1.4. En utilisant cette analyse spectrale et en justifiant la démarche, montrer que la valeur de la hauteur du son émis lors de cet enregistrement est identique à celle des enregistrements 1 et 2.
- 1.5. Quelle différence présente le son de l'enregistrement 3 par rapport aux enregistrements 1 et 2 ? Quel paramètre du son est ainsi mis en évidence ? Justifier votre réponse.

2. Le détecteur oreille

Intensité sonore et niveau sonore

On s'intéresse maintenant aux caractéristiques de l'oreille quant à ses capacités à discerner la hauteur de deux sons, ainsi que la différence de niveau sonore entre deux sons.

On rappelle que l'intensité d'un son noté I est caractérisée par son niveau sonore noté L . La relation qui relie ces deux paramètres est la suivante :

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

où I_0 est une intensité de référence à savoir l'intensité minimale que peut détecter une oreille humaine normale. On donne : $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$. Le niveau sonore L d'un son est donc en quelque sorte une comparaison par rapport à la référence I_0 .

On considère un son dont le niveau sonore $L = 50 \text{ dB}$.

2.1. Montrer en utilisant la définition du niveau sonore que l'intensité I du son correspond à $I = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ W.m}^{-2}$.

Lycée Galilée

45

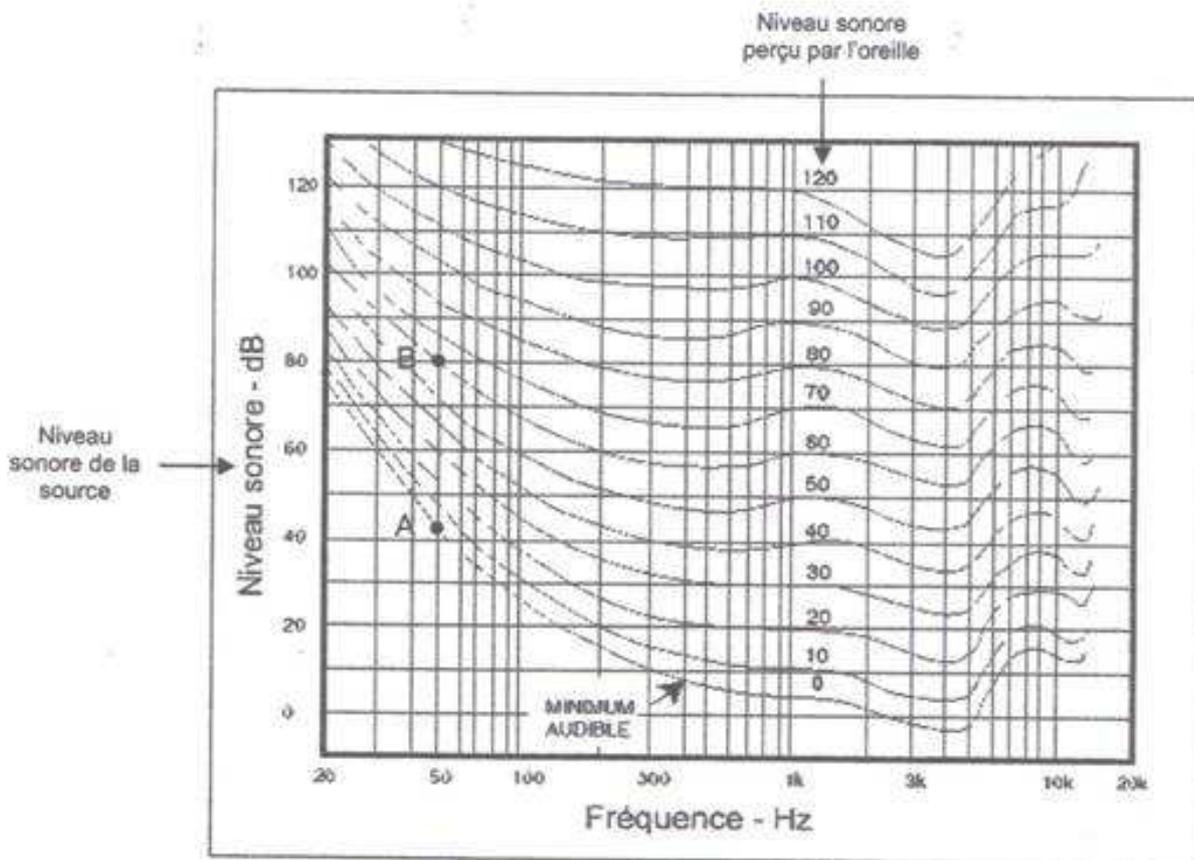
Superposition de sources sonores

On considère maintenant une source sonore d'intensité sonore I_1 et de niveau sonore L_1 . Si l'on considère maintenant la superposition de deux sources sonores identiques à la précédente, il en résulte une intensité sonore I_2 double de la précédente soit $I_2 = 2I_1$. On note L_2 le niveau sonore résultant de la superposition de ces deux sources sonores identiques.

2.2. En utilisant la définition du niveau sonore, montrer que la relation entre les deux niveaux sonores L_1 et L_2 est : $L_2 = L_1 + 3 \text{ dB}$

2.3. La sensibilité de l'oreille

La sensibilité de l'oreille, c'est-à-dire sa capacité à entendre, ne sera pas la même selon la hauteur du son parvenant à l'oreille de l'auditeur. D'autre part, un son émis par une source avec un certain niveau sonore ne sera pas perçu par l'oreille avec ce même niveau sonore. Ces différentes caractéristiques sont résumées dans le diagramme suivant appelé diagramme de Fletcher et Munson.



Ce diagramme montre des courbes d'isotonie (même niveau sonore perçu par l'oreille) en fonction de la hauteur du son. La courbe de niveau 0, nommée sur ce graphe « MINIMUM AUDIBLE », indique le niveau sonore minimal que doit posséder un son pour que celui-ci puisse être audible.

Si l'on considère par exemple un son de hauteur 50 Hz, l'oreille ne pourra le détecter que si son niveau sonore vaut environ 42 dB. (point A sur le diagramme)

De même, un son de niveau sonore 80 dB et de hauteur 50 Hz ne sera perçu au niveau de l'oreille qu'avec un niveau sonore de 60 dB. (point B sur le diagramme)

2.3.1. En analysant le diagramme de Fletcher et Munson, on constate à la lecture de l'axe des abscisses, que le domaine des fréquences audibles par l'oreille humaine se situe environ entre 20 Hz et 20 kHz. Où se situent ce qu'on appelle couramment les sons aigus ? Même question concernant les sons graves ?

2.3.2. Sur le diagramme joint en annexe 2 page 13 à rendre avec la copie, placer le point sur la courbe de niveau 0, qui permette de justifier que la sensibilité maximale de l'oreille se situe autour de 4000 Hz.

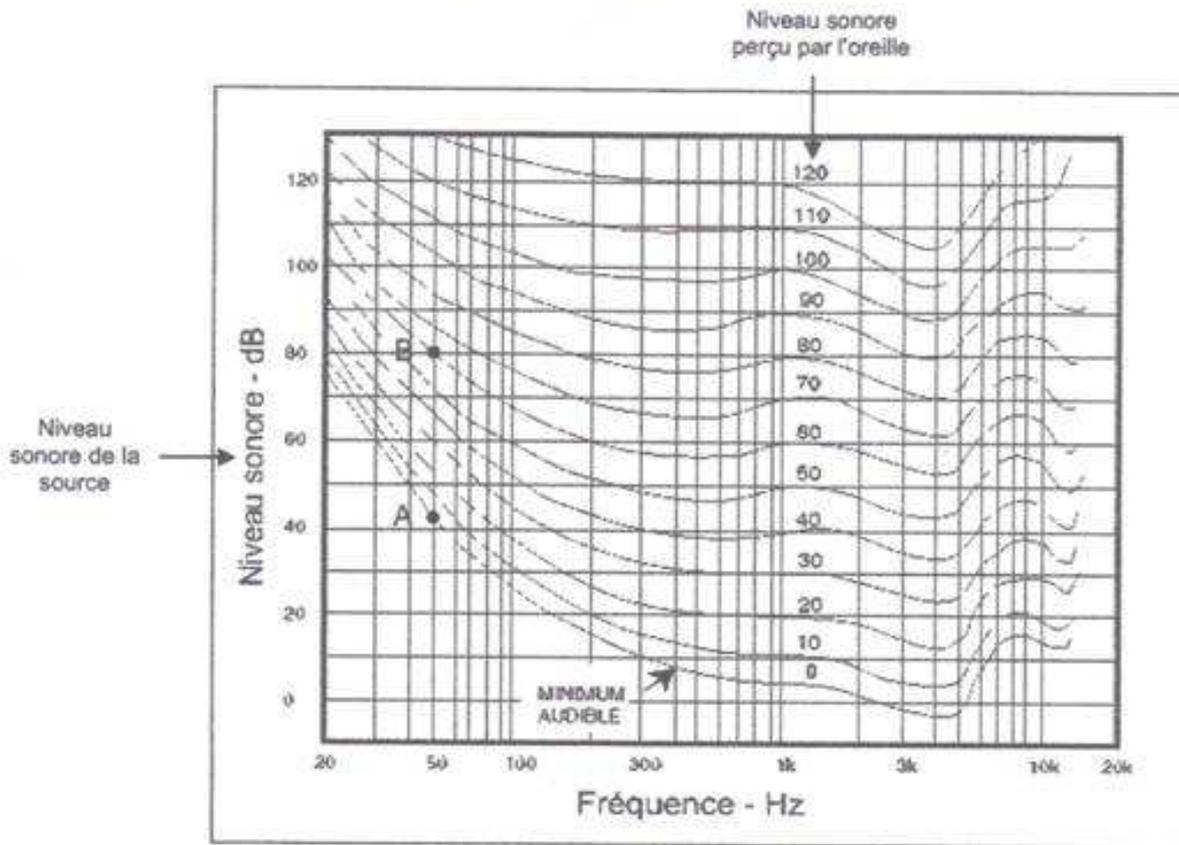
On considère deux sons de même niveau sonore 60 dB. L'un de fréquence 50 Hz et l'autre de fréquence 100 Hz.

2.3.3. En utilisant le diagramme de Fletcher et Munson, déterminer avec quel niveau sonore sera perçu chacun de ces sons par l'oreille. On montrera par un tracé sur le diagramme de Fletcher et Munson **joint en annexe 2 page 13**, les points représentatifs de ces deux sons.

2.3.4. Parmi ces deux sons, lequel sera perçu avec le plus d'intensité par l'oreille ?

Question 2.3.2. et 2.3.3.

Diagramme de *Fletcher et Munson*



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2010

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 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13

Les feuilles d'annexes (page 12/13 et 13/13)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE

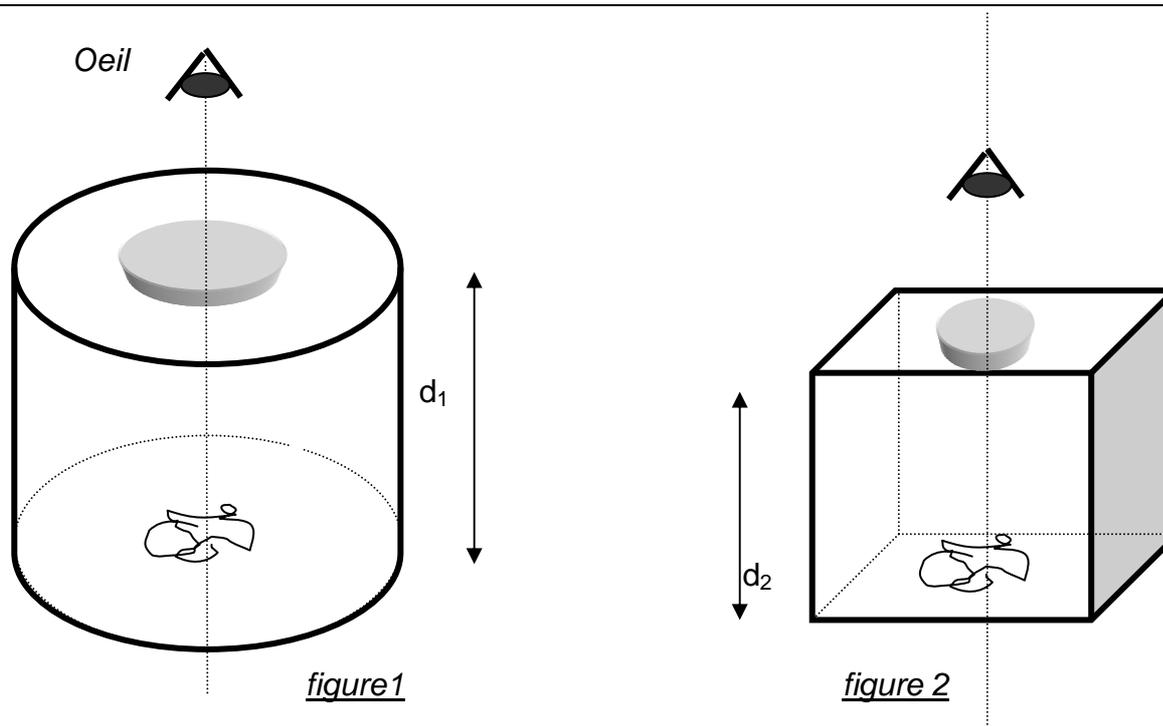
EXERCICE 3 – L’art d’observer avec deux lentilles (4 points)

François-Maël et Anne-Claire sont deux enfants curieux. En rentrant de l’école, ils se rendent compte que la pelouse regorge de sauterelles. Ils entreprennent alors d’en capturer quelques unes afin de les observer.

Pour observer les sauterelles capturées, les deux enfants disposent de deux systèmes :

- un gobelet transparent d’une profondeur définie $d_1 = 7,0$ cm (figure 1), muni d’une loupe sur la partie supérieure ;
- d’un compte-fils constitué d’une autre loupe montée sur un support à distance connue $d_2 = 3,5$ cm d’un plan d’observation transparent (figure 2).

Les deux « systèmes » optiques sont conçus pour que les apprentis observateurs puissent voir les images sans que leurs yeux aient à accommoder.



1. Étude des deux lentilles.

1.1. Que représentent, d’un point de vue optique, les deux distances d_1 et d_2 ? On considère que l’œil n’accommode pas lorsqu’il regarde à l’infini.

1.2. Le grossissement d’une loupe est donné par la relation : $G = \frac{1}{4.f'}$ où f' représente la distance focale de la loupe.

Calculer les grossissements G_1 et G_2 des deux loupes utilisées par les jeunes observateurs. Avec laquelle de ces deux loupes, la sauterelle capturée sera-t-elle vue plus grosse ?

2. Une technique pour augmenter le grossissement.

Les deux enfants ne sont dans un premier temps que partiellement satisfaits de leurs observations. Anne-Claire demande : « Comment pourrait-on voir plus gros la sauterelle ? » « Et si on mettait l'un des systèmes au-dessus de l'autre ? » suggère François-Maël.

Le plus simple pour eux est de placer le compte-fils sur le gobelet et d'observer la sauterelle à travers ce dispositif. En plaçant l'œil près du compte-fils, ils voient « flou » mais lorsqu'ils se placent à une grande distance, ils voient leur insecte net, à l'envers, mais plus petit qu'en réalité.

Après discussion, les deux enfants décident d'inverser les deux systèmes. Après quelques essais, ils constatent que pour voir la sauterelle nettement plus grosse, ils doivent placer le compte-fils de telle sorte que sa lentille soit située à une distance $D = 4,0$ cm de la sauterelle sans avoir à accommoder.

2.1. Instrument d'optique construit par les enfants :

2.1.1. Quel instrument d'optique, correspondant à leur souhait, les deux enfants ont-ils construit ?

2.1.2. Comment appelle-t-on chacune des deux lentilles, dans cet instrument d'optique ?

2.2. Calculer la position de l'image intermédiaire donnée par la lentille la plus proche de l'objet en utilisant la formule de conjugaison dont on rappelle l'écriture générale :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$$

2.3. Construire à l'échelle $\frac{1}{2}$ horizontalement, SUR LA FEUILLE ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE, la situation optique créée par les enfants. La sauterelle sera représentée par une flèche verticale AB de 1 cm posée sur l'axe principal (échelle 1 verticalement). On rappelle que spontanément les enfants se placent de telle sorte que leurs yeux n'accroissent pas ; l'image définitive est à l'infini.

2.4. Le grossissement de l'instrument ainsi construit est donné par la relation $G = |\gamma|.G'$ où γ représente le grandissement de la lentille devant l'objet et G' le grossissement de la seconde lentille. Calculer alors le grossissement de l'instrument et justifier le fait que les enfants trouvent la sauterelle observée beaucoup plus grosse.

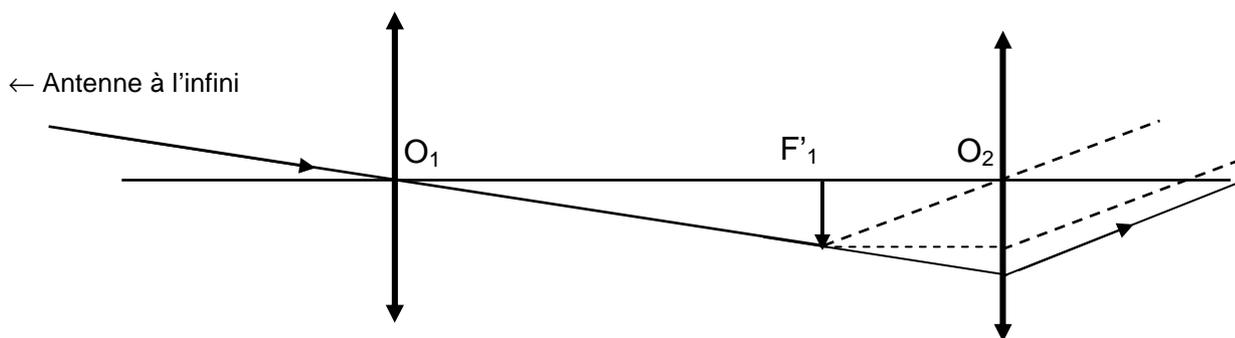
3. L'antenne de TV apparaît plus grosse.

En rangeant les deux systèmes, Anne-Claire pose le compte-fils sur le gobelet et se met à observer vers le ciel avec l'ensemble. « Oh ! je vois l'antenne TV des voisins à l'envers et plus grosse ! » s'exclame-t-elle.

3.1. Quel instrument d'optique connu vient de construire la fillette ?

3.2. Où se forme l'image intermédiaire dans cette situation, en supposant que l'antenne est très éloignée de l'instrument ? Justifier à l'aide de la formule de conjugaison.

3.3. La construction permettant d'obtenir l'image définitive de l'antenne est fournie ci-dessous :



Dans ces conditions d'observation, où se situe le foyer objet de la lentille L_2 ?

3.4. Démontrer que le grossissement de cet instrument est $G = \frac{f'_1}{f'_2}$ où f'_1 représente la distance focale de l'objectif et f'_2 la distance focale de l'oculaire. Faire l'application numérique.

ANNEXE 2 – À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 3



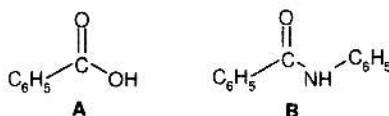
EXERCICE III. SYNTHÈSE D'UN AMIDE (4 points)

On se propose de synthétiser le N-phénylbenzamide $C_6H_5NHCOC_6H_5$ à l'aide du protocole suivant : dans un ballon de 100 mL contenant un barreau aimanté, on ajoute 13,0 g de chlorure de N-phénylammonium $C_6H_5NH_3Cl$, 11,7 mL de chlorure de benzoyle C_6H_5COCl et suffisamment de toluène afin d'avoir un volume total de 50 mL. Le ballon est équipé d'un réfrigérant à eau sur lequel est adapté un dispositif permettant de piéger le gaz libéré lors de la réaction chimique. Le mélange est porté au reflux à l'aide d'un agitateur chauffant et d'un bain d'huile. Après trois heures de chauffage, le dégagement de chlorure d'hydrogène a cessé. Le mélange est refroidi puis le toluène est éliminé à l'aide d'un montage de distillation. Le solide restant dans le ballon est purifié grâce à une recristallisation en utilisant un mélange éthanol - eau. Le point de fusion du produit pur est de $162^\circ C$. 11,2 g de produit purifié sont isolés.

D'après S.A. Shama, T. L. Tran, *Journal of chemical education*, 1978, 816.

Les espèces chimiques ne sont pas en solution aqueuse mais elles sont solvatées dans un solvant organique.

1. Recopier les molécules suivantes sur votre copie puis entourer et reconnaître les groupes caractéristiques acide carboxylique et amide :



2. Quels sont les avantages d'un chauffage à reflux ?
 3. Donner le rôle du toluène en utilisant le tableau fourni à la fin de l'exercice.
 4. Calculer la quantité de matière de chlorure de benzoyle C_6H_5COCl . On notera cette valeur n_1 .
 5. Calculer la quantité de matière de chlorure de N-phénylammonium $C_6H_5NH_3Cl$. On notera cette valeur n_2 .
 6. Compléter le tableau d'avancement **fourni en annexe** et déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max} .
 7. Trouver la masse maximale de N-phénylbenzamide $C_6H_5NHCOC_6H_5$ qu'il est possible d'obtenir et en déduire le rendement de la transformation chimique.
 8. Le solide restant dans le ballon, avant la purification par recristallisation, est composé d'un mélange de N-phénylbenzamide $C_6H_5NHCOC_6H_5$, de chlorure de N-phénylammonium $C_6H_5NH_3Cl$ et d'acide benzoïque C_6H_5COOH .
- A l'aide du tableau donné en fin d'exercice, expliquer le principe de cette recristallisation.
9. Le point de fusion permet de connaître la pureté d'une espèce chimique. A la fin de la recristallisation, la température de fusion mesurée pour le produit est de $162^\circ C$. Conclure sur sa pureté en utilisant le texte encadré en début du sujet.
 10. Citer une autre méthode permettant d'estimer la pureté d'un produit de synthèse.

Données :

$\rho_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}} = 1,21 \text{ g.cm}^{-3}$	$M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$M_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}} = 140,5 \text{ g.mol}^{-1}$
$M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$M_{\text{N}} = 14,0 \text{ g.mol}^{-1}$	$M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$	$M_{\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}} = 129,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Espèce chimique	Solubilité à chaud dans le mélange éthanol - eau	Solubilité à froid dans le mélange éthanol - eau	Solubilité dans le toluène
N-phénylbenzamide $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCOC}_6\text{H}_5$	Soluble	Insoluble	Soluble
Chlorure de N-phénylammonium $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}$	Soluble	Soluble	Soluble
Acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	Soluble	Soluble	Soluble

Annexe de l'exercice III à rendre avec la copie

	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COCl}$	+	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}$	=	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CONHC}_6\text{H}_5$	+	$2 \text{HCl}_{(g)}$
État initial	n_1		n_2				
État final si la transformation est totale							

Une plante puise dans le sol des éléments chimiques nécessaires à sa croissance. Parmi ces éléments, l'azote, dont le symbole chimique est N, est l'un des plus importants pour la vie de la plante.

Dans le sol, l'azote est présent sous forme d'ions nitrate NO_3^- (aussi appelé azote nitrique) ou d'ions ammonium NH_4^+ (azote ammoniacal).

Aujourd'hui, les engrais azotés permettent l'apport de ces ions en fonction des besoins de la plante. L'utilisation de ces engrais doit être contrôlée. En effet, les ions nitrate sont peu retenus par le sol et sont entraînés dans les eaux superficielles (lacs, rivières...) et dans les eaux souterraines (nappes phréatiques). Une trop forte concentration en ions nitrate dans l'eau peut avoir des conséquences graves sur la santé des consommateurs.

Dans cet exercice, on se propose de déterminer le pourcentage massique en azote nitrique d'un engrais azoté et de comparer la valeur trouvée à l'extrait d'étiquette donné ci-contre.

La détermination de ce pourcentage est obtenue par titrage des ions nitrate de cet engrais.

Engrais azoté liquide

24 % d'azote (N) total dont :

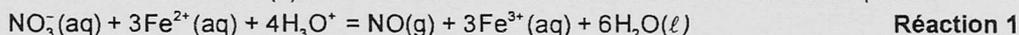
- 11 % d'azote uréique
- 6 % d'azote nitrique
- 7 % d'azote ammoniacal

1. Protocole expérimental et principe de la méthode

Une masse $m = 2,5$ g d'engrais liquide est placée dans une fiole jaugée de 250 mL. On complète la fiole jusqu'au trait de jauge par de l'eau distillée : on obtient une solution notée (S).

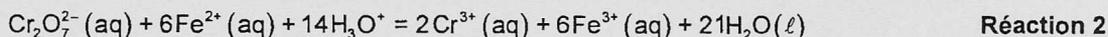
Dans un erlenmeyer, on introduit un volume $V_0 = 25,0$ mL de la solution d'engrais précédente (S) puis un volume $V_1 = 20,0$ mL d'une solution de sel de Mohr de concentration en ions fer (II) : $[\text{Fe}^{2+}] = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$. Un ajout de 5 mL d'acide sulfurique permet d'acidifier le mélange.

L'ensemble est porté à une douce ébullition car la réaction est lente. Les ions nitrate de l'engrais réagissent de façon totale avec les ions fer (II) de la solution de sel de Mohr selon la réaction d'équation :



Après refroidissement, les ions fer (II) en excès (ceux qui n'ont pas réagi avec les ions nitrate) sont titrés par une solution de dichromate de potassium ($2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) de concentration $C_2 = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en ions dichromate. L'équivalence de ce titrage est repérée grâce à un indicateur coloré d'oxydoréduction : l'orthophénanthroline ferreuse.

L'équation de la réaction de titrage des ions fer (II) en excès par les ions dichromate s'écrit :



L'équivalence est obtenue pour un volume $V_E = 10,0$ mL de solution de dichromate de potassium versé dans l'erlenmeyer.

1.1. Cette méthode de titrage met en jeu deux réactions. Comment appelle-t-on ce type de titrage ?

1.2. Au vu des conditions expérimentales décrites ci-dessus, justifier le fait que la réaction 1 ne peut pas servir directement de réaction de titrage.

1.3. Faire le schéma annoté du dispositif de titrage.

On note :

- $n_i(\text{Fe}^{2+})$ la quantité de matière initiale en ions fer (II) dans l'erenmeyer ;
- $n_R(\text{Fe}^{2+})$ la quantité de matière en ions fer (II) réagissant dans la réaction 1 avec les ions nitrate ;
- $n_{\text{ex}}(\text{Fe}^{2+})$ la quantité de matière en ions fer (II) en excès ;
- $n_E(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$: la quantité de matière en ions dichromate versée à l'équivalence.

2.1. Exprimer $n_R(\text{Fe}^{2+})$ en fonction de $n_i(\text{Fe}^{2+})$ et $n_{\text{ex}}(\text{Fe}^{2+})$.

2.2. Calculer la valeur de la quantité de matière initiale en ions fer (II), $n_i(\text{Fe}^{2+})$.

2.3. Titration des ions fer (II) en excès

2.3.1. Définir l'équivalence d'un titrage.

2.3.2. En complétant le tableau d'avancement de la réaction 2 sur la **FIGURE 12 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, montrer que la quantité de matière en ions fer (II) en excès $n_{\text{ex}}(\text{Fe}^{2+})$ dans l'erenmeyer s'exprime par : $n_{\text{ex}}(\text{Fe}^{2+}) = 6 C_2 \cdot V_E$.

Calculer $n_{\text{ex}}(\text{Fe}^{2+})$.

2.4. À l'aide de la réponse à la question 2.1, déduire la valeur de la quantité de matière $n_R(\text{Fe}^{2+})$ en ions fer(II).

2.5. On donne le tableau d'avancement de la réaction d'équation 1 ci-dessous :

Équation de la réaction étudiée	Avancement (mol)	$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 3 \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 4\text{H}_3\text{O}^+ = \text{NO}(\text{g}) + 3\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{H}_2\text{O}(\ell)$					
État initial (mol)	0	$n_i(\text{NO}_3^-)$	$n_i(\text{Fe}^{2+})$	Excès	0	0	Excès
Au cours de la transformation (mol)	x	$n_i(\text{NO}_3^-) - x$	$n_i(\text{Fe}^{2+}) - 3x$	Excès	x	3x	Excès
État final (mol)	x_f	$n_i(\text{NO}_3^-) - x_f$	$n_i(\text{Fe}^{2+}) - 3x_f$	Excès	x_f	$3x_f$	Excès

2.5.1. Exprimer $n_R(\text{Fe}^{2+})$ en fonction de l'avancement final x_f .

2.5.2. Montrer que $x_f = 1,0 \times 10^{-3}$ mol.

2.5.3. Les ions nitrate étant l'espèce limitante, en déduire la valeur de la quantité de matière en ions nitrate $n_i(\text{NO}_3^-)$ dans l'erenmeyer. En déduire la valeur de la quantité de matière en ions nitrate $n(\text{NO}_3^-)$ dans la solution (S) donc dans 2,5 g d'engrais liquide.

2.6. Le pourcentage massique P_m en azote nitrique de l'engrais peut s'exprimer par la relation ci-dessous où $M(\text{N})$ est la masse molaire atomique de l'azote :

$$P_m = \frac{n(\text{NO}_3^-) \cdot M(\text{N})}{\text{masse } m \text{ d'engrais}} \times 100$$

Calculer le pourcentage massique en azote nitrique de l'engrais titré.

Obtient-on le même ordre de grandeur que sur l'étiquette ?

Donnée :

- masse molaire atomique de l'azote : $M(\text{N}) = 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Équation de la réaction de titrage	Avancement (mol)	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 6\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 14\text{H}_3\text{O}^+ = 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 6\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 21\text{H}_2\text{O}(\ell)$			
État initial (mol)	0	$n_{\text{E}}(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	$n_{\text{ex}}(\text{Fe}^{2+})$	Excès	X
État final (E) (mol)	x_{E}			Excès	

Figure 12. Tableau d'avancement à l'équivalence (titrage des ions Fe^{2+} en excès)