

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2014

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 trois exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci.

La page 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.

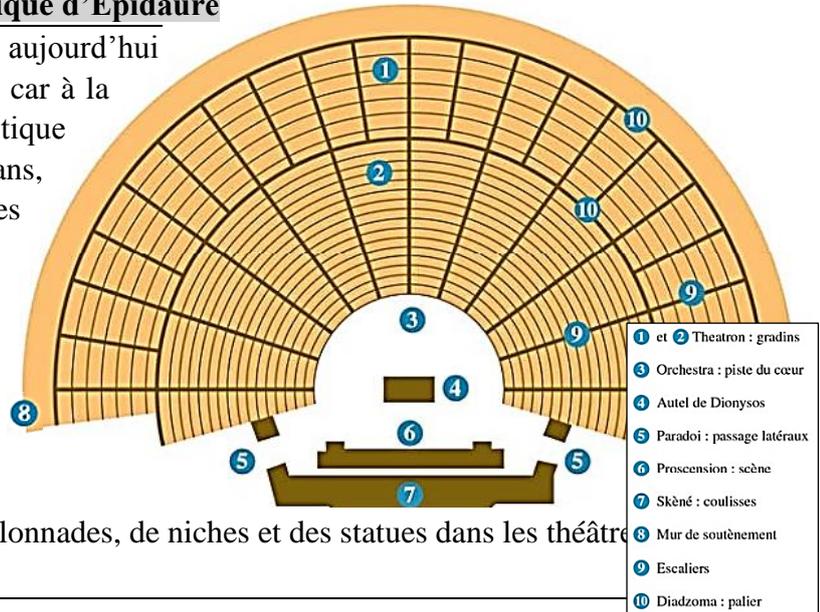
EXERCICE I - THÉÂTRE ANTIQUE D'ÉPIDAURE (5 POINTS)

Un artiste se rend à Épidaure afin de donner une représentation dans un théâtre antique. Après l'installation du matériel, l'acoustique du théâtre est testée en différents emplacements dans les gradins.

Document n°1 : Description du théâtre antique d'Épidaure

Le théâtre antique d'Épidaure est aujourd'hui encore le lieu de nombreuses représentations car à la beauté du lieu s'ajoute une acoustique remarquable. Construit il y a plus de 2500 ans, ce théâtre compte 14 000 places où les spectateurs assis sur des gradins de pierre peuvent écouter un orateur proclamer son texte sans l'aide d'un microphone. Cette acoustique remarquable s'explique par une architecture complexe où chaque élément

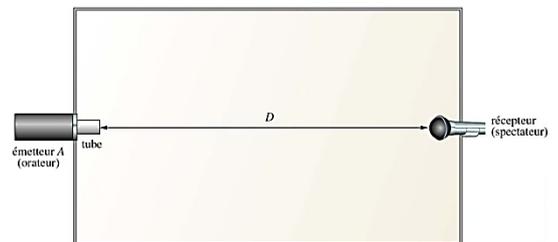
Le mur de la Skéné (7), peu travaillé dans les théâtres antiques grecs, sera embelli par de colonnades, de niches et des statues dans les théâtres antiques romains.



Document n°2 : Simulations avec des ondes ultrasonores pour étudier l'influence d'un plafond sur l'acoustique d'une salle de spectacle

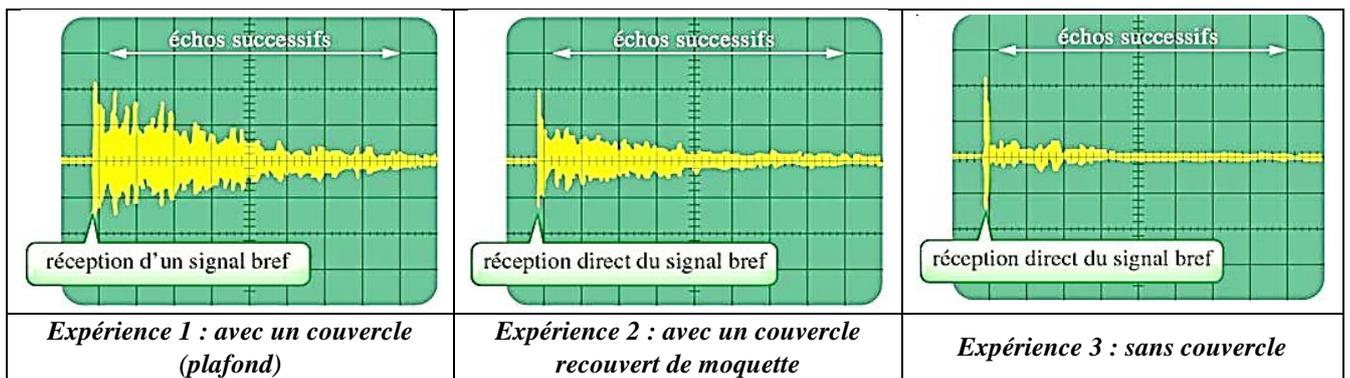
Pour étudier l'influence d'un plafond sur l'acoustique d'une salle de spectacle, on réalise une maquette rectangulaire équipée d'un **couvercle amovible**.

À l'une des extrémités de cette maquette (au niveau de la scène), on installe un émetteur ultrasonore (orateur), tandis qu'on dispose un récepteur (spectateur dans les gradins) à une distance D face à l'émetteur à l'autre extrémité, relié à un oscilloscope.



Le signal émis est bref de l'ordre d'un millième de seconde. L'écran de l'oscilloscope affiche le signal direct très bref reçu, puis tous les échos successifs contre les parois.

On réalise trois expériences :



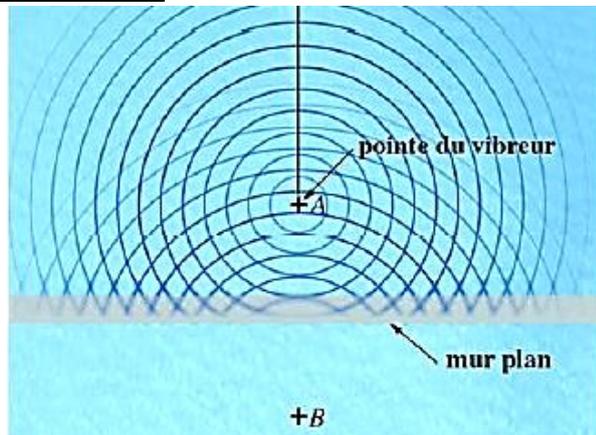
Document n°3 : Rôle du mur - simulation à l'aide d'une cuve à ondes

La propagation des ondes et leur comportement quand elles rencontrent une surface réfléchissante peuvent être assez bien matérialisés au moyen d'une cuve à ondes.

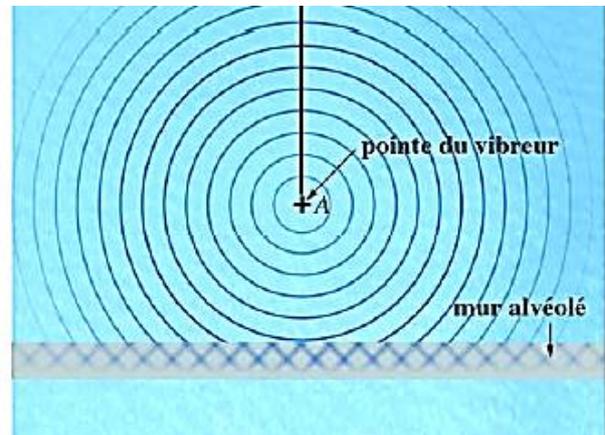
Un vibreur muni d'une pointe, frappe verticalement en *A*, avec une fréquence connue, la surface de l'eau contenue dans une cuve à ondes.

Expérience 1 : On réalise l'expérience en plaçant un mur plan. On constate la présence d'échos. Tout se passe comme s'il y avait une deuxième source en *B*.

Expérience 2 : On utilise cette fois-ci un mur alvéolé.



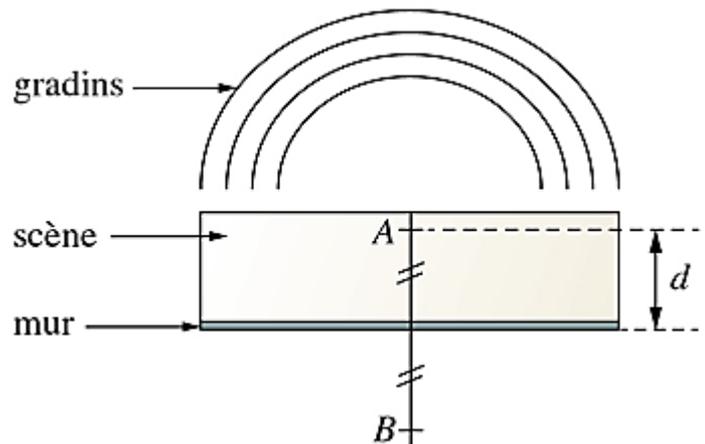
Expérience 1



Expérience 2

Document n°4 : Dimension de la scène

Les ondes émises par l'orateur en *A* sont en partie réfléchies par le mur et semblent provenir d'une source secondaire *B*. L'essentiel est que tous ces échos n'arrivent pas avec un trop grand retard. En effet, ce sont les consonnes qui forment l'armature de la parole. Leur durée d'émission est très courte ce l'ordre de 1/25 seconde. Pour qu'elles ne se juxtaposent pas, il faut que leur écho arrive avant la fin de leur émission.



Donnée : Vitesse du son : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$

Synthèse :

Rédiger en 25-30 lignes, une synthèse structurée et argumentée reposant sur les documents ci-dessus et reposant sur la problématique :

Comment les architectes de l'antiquité ont réussi à donner une acoustique aussi remarquable à leur théâtre ? Vous aborderez l'avantage d'une salle en plein air, le rôle du mur de la skéné et les dimensions de la scène.

Questions complémentaires :

1. Qu'est-ce que le son ?
2. Préciser le domaine audible pour l'oreille humaine.
3. Expliquer l'intérêt d'utiliser des ultrasons pour la maquette afin de reconstruire à échelle réduite les phénomènes observés dans le théâtre réelle.
4. Quel phénomène est observé dans le **document 3** avec le mur lisse ? Justifier la réponse. Quel problème cela pose-t-il pour un spectateur ?

EXERCICE II - PHYSIQUE, CHIMIE ET TRAINS.(10 POINTS)

Partie 1

Données : vitesse du son dans l'air : $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

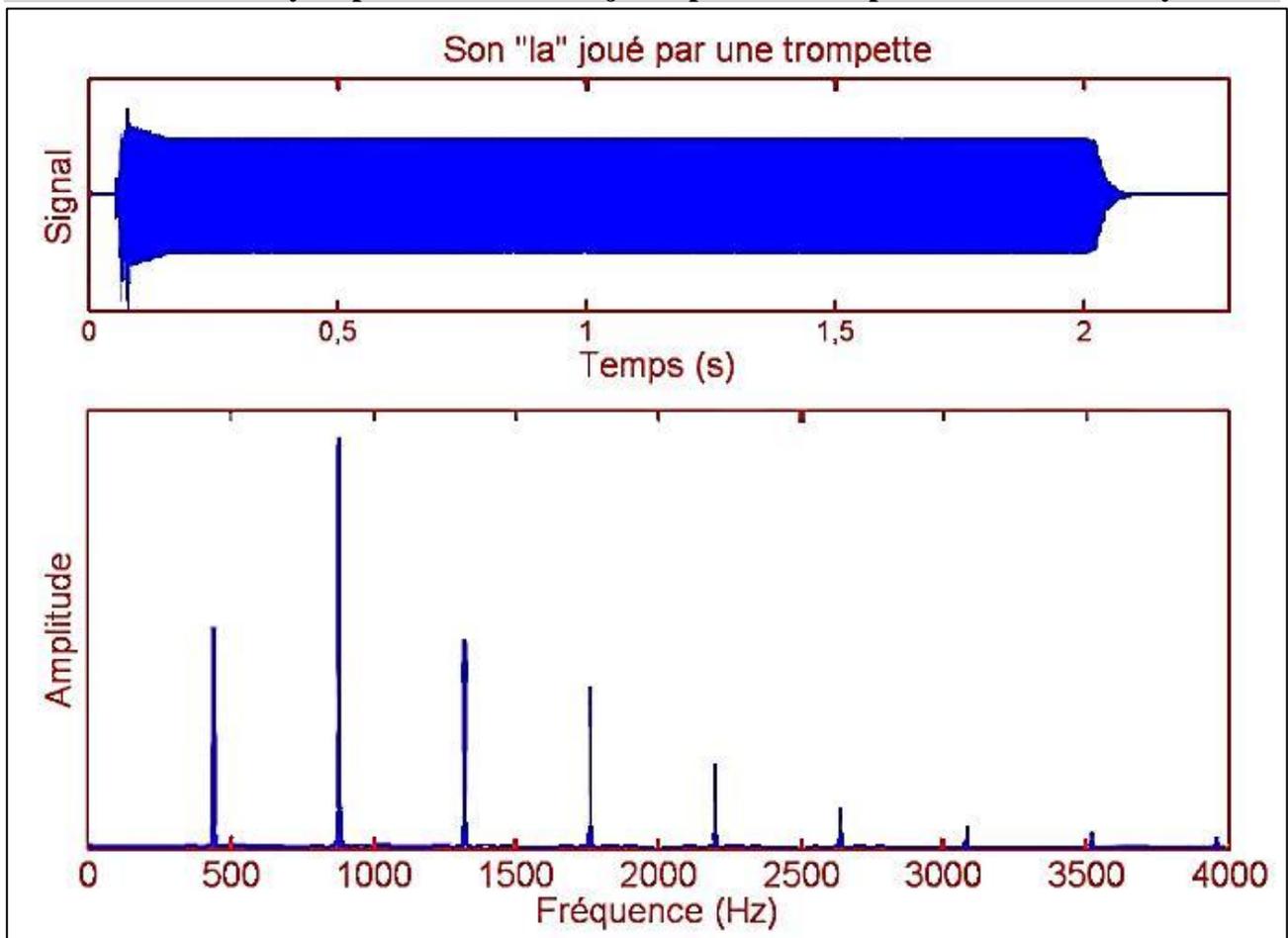
Document n°1 : Bref historique de la vie de Christoph Buys-Ballot

Christoph Buys Ballot, né le 10 octobre 1817, est le fils d'un ministre des Églises réformées des Pays-Bas. Il est né à Kloetinge et a étudié d'abord au *Gymnasium* de Zaltbommel, puis à l'Hogeschool (maintenant l'université d'Utrecht). Il a reçu son doctorat en 1844. Buys Ballot est plus connu pour ses recherches en météorologie, en particulier l'explication sur le sens de la circulation autour des dépressions et des anticyclones. Ses recherches ne se limitent pas qu'à la météorologie. En 1845, Buys Ballot engage un groupe de musiciens pour jouer une note bien précise sur le train Utrecht-Amsterdam. Il enregistre ensuite la différence entre cette fréquence et celle perçue le long de la ligne par un observateur pour confirmer les équations de Christian Doppler concernant la propagation des ondes sonores (Effet Doppler-Fizeau).

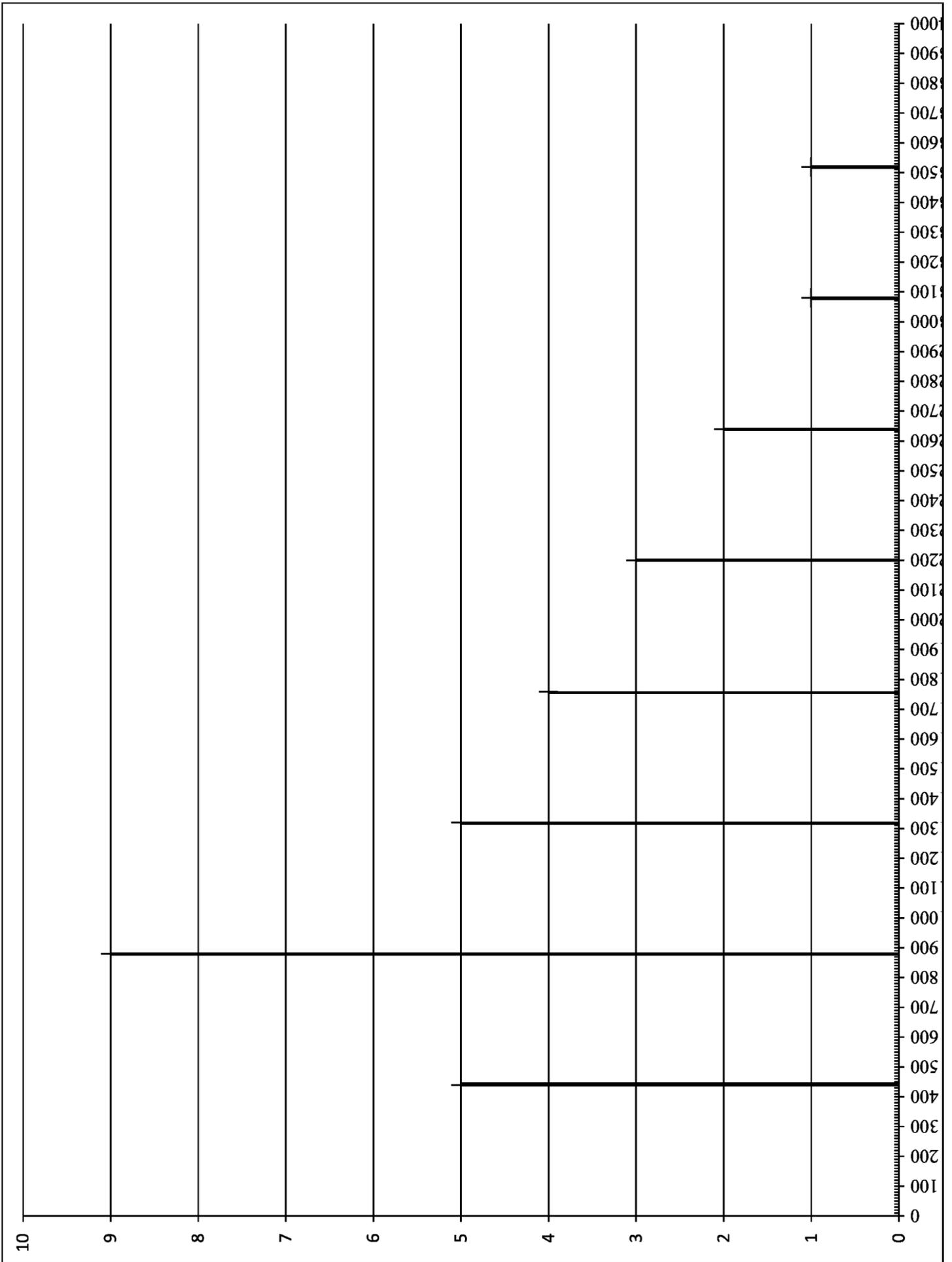
Document n°2 : Extrait des notes de la gamme tempérée et de leurs fréquences en Hertz (Hz)

Octave	do	do#	ré	ré#	mi	fa	fa#	sol	sol#	la	La#	si
3	261,63	277,18	293,66	311,13	329,63	349,23	369,99	392,00	415,30	440,00	466,16	493,88
4	523,25	554,37	587,33	622,25	659,26	698,46	739,99	789,99	830,61	880,00	932,33	989,77

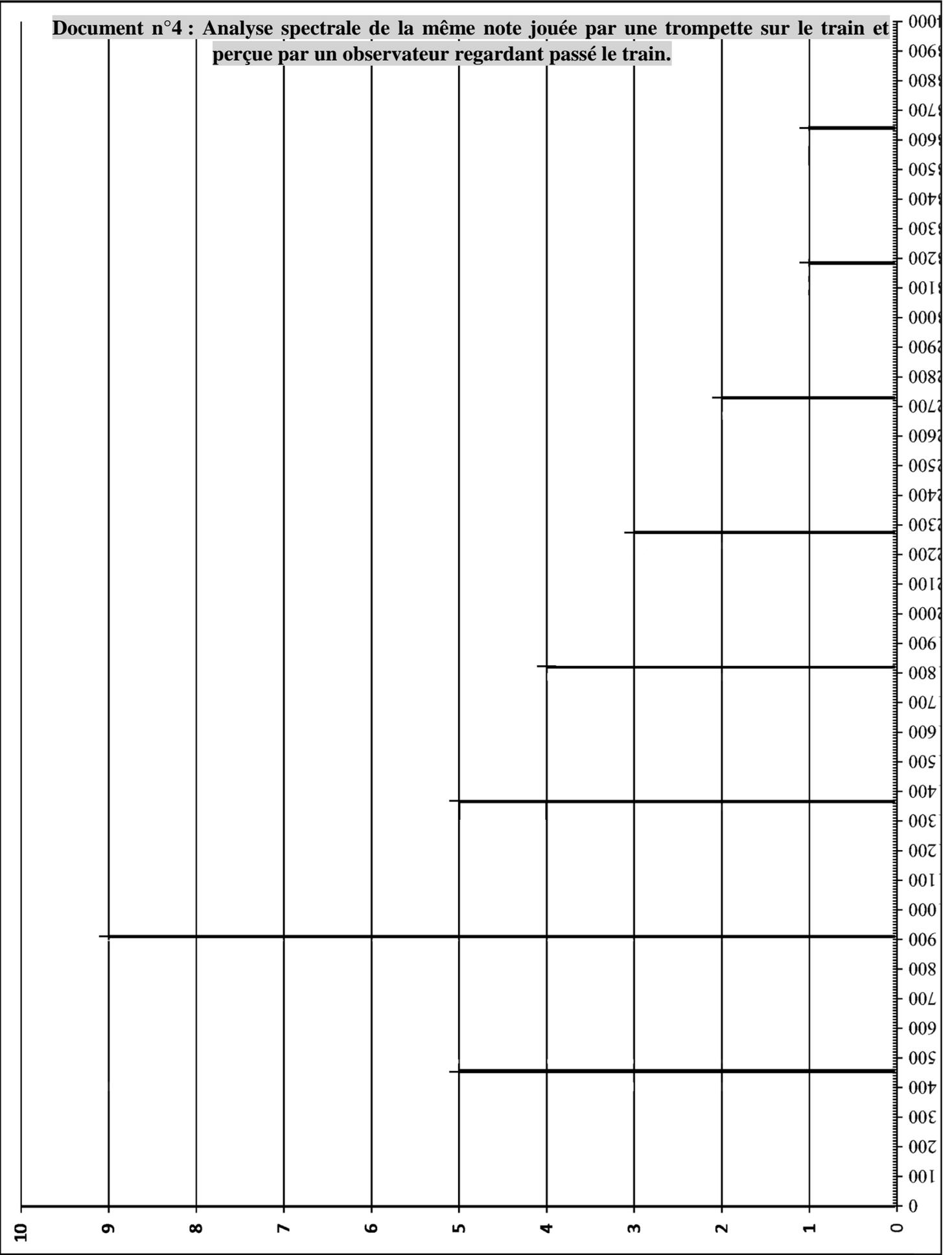
Document n°3 : Analyse spectrale de la note jouée par une trompette à côté de Mr Buys Ballot



dont il a été procédé à une réécriture page suivante :



Document n°4 : Analyse spectrale de la même note jouée par une trompette sur le train et perçue par un observateur regardant passé le train.



Document n°5 : Calcul d'incertitude et écriture d'un résultat

Elle concerne un calcul d'incertitude sur une série de valeurs (traitement statistique).

On considère n mesures de m effectuées dans les mêmes conditions et sans erreurs systématiques.

La meilleure estimation de la valeur de la grandeur mesurée est la moyenne arithmétique :

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i$$

Pour estimer l'incertitude, il est nécessaire d'évaluer l'écart-type :

$$\text{écart type expérimental} : s_{\text{exp}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}$$

$$\text{incertitude absolue} : \Delta s = \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot s_{\text{exp}} \quad \text{incertitude relative} : s = \frac{\Delta s}{s}$$

Le résultat s'écrit alors : $m = (\bar{m} \pm \Delta s)$ suivi de son unité. L'incertitude ne s'écrit qu'avec deux chiffres significatifs.

Questions

1. Rappeler brièvement en quoi consiste l'effet Doppler (dans quelles situations l'observe-t-on ? Que se passe-t-il alors).
2. Comment se nomment les pics observés sur l'analyse spectrale ? Quels renseignements donnent-ils ?
3. Déterminer la note jouée par la trompette. Expliquez votre réponse.
4. En déduire la longueur d'onde de cette onde sonore.
5. Compléter les deux premières colonnes du tableau en annexe.
6. Le train se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il ? Justifier votre réponse.
7. Pour déterminer la vitesse du train, il est proposé les formules ci-dessous. Choisissez la formule adaptée à la situation en justifiant votre réponse.

Notations :

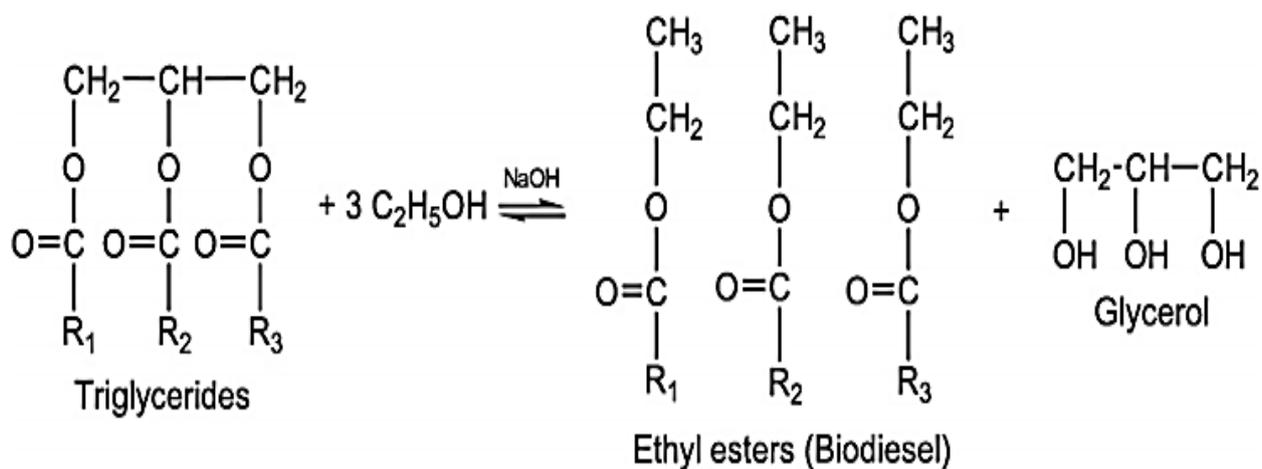
- v : vitesse du train ;
- c : vitesse de l'onde avec $c > v$;
- F : fréquence émise par la trompette sur le train ;
- F' : fréquence perçue par la personne regardant passer le train.

$$a) F' = F \left(\frac{c}{c+v} \right) \quad b) F' = F \left(1 - \frac{v}{c} \right) \quad c) F' = F \left(\frac{c}{c-v} \right) \quad d) F' = F + \frac{c}{v}$$

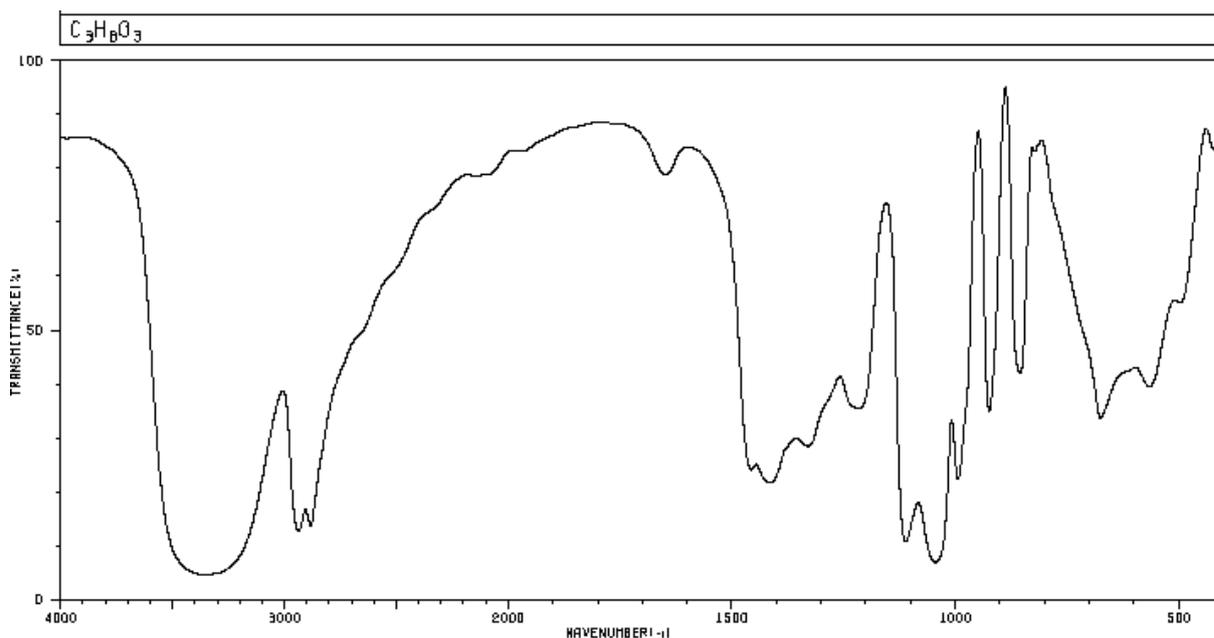
8. Exprimer alors v en fonction de c , F et F' .
9. Compléter alors la dernière colonne du tableau.
10. Evaluer l'incertitude Δv sur la vitesse du train.
11. Ecrire alors correctement le résultat numérique.

Partie 2

Les trains utilisent dans leur mécanisme des lubrifiants à base d'huile végétale ou animale. Ces huiles ont été aussi utilisées pour fabriquer des biocarburants selon la réaction suivante dans laquelle les groupements R_1 , R_2 et R_3 désignent une chaîne carbonée inconnue.



12. Préciser la nature de la réaction entre l'éthanol et le triglycéride.
13. Quels sont les groupes caractéristiques présents dans le glycérol et les triglycérides ?
14. Le glycérol possède-t-il un carbone asymétrique ? Si oui recopier la formule et le repérer par une *.
15. On propose le spectre IR ci-dessous. Peut-il être celui du glycérol ? Justifier votre réponse.



16. Etudier la molécule de glycérol afin de prédire dans son spectre RMN :
- Le nombre de groupement de pics attendu.
 - Pour chaque groupement de pics, la valeur du déplacement moyen, sa multiplicité et sa valeur d'intégration.

Données

- Tableau de spectres IR :

Liaison	Nombre d'ondes σ (cm ⁻¹)	Intensité ⁽¹⁾	Liaison	Nombre d'ondes σ (cm ⁻¹)	Intensité ⁽¹⁾
O-H _{libre} ⁽²⁾	3580-3650	F; fine	C=O _{ester}	1700-1740	F
O-H _{lié} ⁽²⁾	3200-3400	F; large	C=O _{aldéh. cétone}	1650-1730	F
N-H	3100-3500	M	C=O _{acide}	1680-1710	F
C _{tri} -H ⁽³⁾	3000-3100	M	C=C	1625-1685	M
C _{tri} -H _{aromat.} ⁽⁴⁾	3030-3080	M	C=C _{aromat.}	1450-1600	M
C _{tét} -H ⁽⁵⁾	2800-3000	F	C _{tét} -H	1415-1470	F
C _{tri} -H _{aldéhyde}	2750-2900	M	C _{tét} -O	1050-1450	F
O-H _{acide carb.}	2500-3200	F; large	C _{tét} -C _{tét}	1000-1250	F

(1) L'intensité traduit l'importance de l'absorption : F : forte ; M : moyenne.

(2) O-H_{libre} : sans liaison hydrogène ; O-H_{lié} : avec liaison hydrogène.

(3) C_{tri} : correspond à un carbone trigonal (engagé dans une double liaison).

(4) **aromat.** : désigne un composé avec un cycle aromatique comme le benzène  ou ses dérivés.

(5) C_{tét} : correspond à un carbone tétragonal (engagé dans quatre liaisons simples).

– Tableau de spectres RMN :

Proton	δ (ppm)	Méthyle -CH ₃		Méthylène -CH ₂ -		Méthyne -CH 	
		Proton	δ (ppm)	Proton	δ (ppm)	Proton	δ (ppm)
-C=CH ₂	5,3	CH ₃ -C	0,9	C-CH ₂ -C	1,3	C-CH-C	1,5
-C=CH-	5,1	CH ₃ -C-O	1,4	C-CH ₂ -C (cycle)	1,5	C-CH-C-O	2,0
C ₆ H ₆	7,2	CH ₃ -C=C	1,6	C-CH ₂ -C-O	1,9	C-CH-Ar	3,0
Ar-H	7,0-9,0	CH ₃ -Ar ⁽¹⁾	2,3	C-CH ₂ -C=O	2,3	C-CH-CO-R	2,7
R-C≡C-H	3,1	CH ₃ -CO-R ⁽²⁾⁽³⁾	2,2	C-CH ₂ -Ar	2,7	C-CH-O-R	3,7
R-CO-H	9,9	CH ₃ -CO-Ar	2,6	C-CH ₂ -CO-R	2,4	C-CH-O-H	3,9
Ar-CO-H	9,9	CH ₃ -CO-O-R	2,0	C-CH ₂ -CO-O-R	2,2	C-CH-O-CO-R	4,8
H-CO-O	8,0	CH ₃ -CO-O-Ar	2,4	C-CH ₂ -O-R	3,4	C-CH-N	2,8
H-CO-N	8,0	CH ₃ -CO-N-R	2,0	C-CH ₂ -O-H	3,6	C-CH-Cl	4,0
-CO-OH	8,5-13	CH ₃ -O-R	3,3	C-CH ₂ -O-Ar	4,3	C-CH-C-Cl	1,6
-C=C-OH	11-17	CH ₃ -OH	3,4	C-CH ₂ -O-CO-R	4,1	C-CH-Br	3,6
R-OH	0,5-5,5	CH ₃ -O-Ar	3,8	C-CH ₂ -N	2,5	C-CH-C-Br	1,7
Ar-OH	4,2-7,1	CH ₃ -O-CO-R	3,7	C-CH ₂ -C=C-CO	2,4	C-CH-I	4,2
R-NH-	0,6-5	CH ₃ -N	2,3	C-CH ₂ -Cl	3,4	C-CH-C-I	1,9
R-CO-NH-	5-8,5	CH ₃ -C=C-CO	2,0	C-CH ₂ -Br	3,3	C-CH-C≡N	2,7
		CH ₃ -Cl	3,0	C-CH ₂ -I	3,1		
		CH ₃ -C-Cl	1,5	C-CH ₂ -C-I	1,8		
		CH ₃ -Br	2,7	-CH ₂ -C≡N	2,3		
		CH ₃ -C-Br	1,7	C-CH ₂ -C=C	1,5		
		CH ₃ -I	2,2	-CO-CH ₂ -Ar	3,1		
		CH ₃ -C-I	1,9				
		CH ₃ -C≡N	2,				

EXERCICE III - IONS CHLORURE DANS L'EAU DE MER (5 POINTS)

L'Artémia est le nom scientifique d'un petit crustacé qui possède la particularité de pouvoir vivre dans des milieux très salés tels que certains lacs et marais salants. Pour se développer les Artémia ont besoin de vivre dans un milieu marin dont la teneur (ou la concentration massique) moyenne en ions chlorure Cl^- est supérieure à 30 g.L^{-1} . Dans ces conditions, leur développement n'est pas compromis car les prédateurs aquatiques ne supportent pas des conditions salines aussi élevées.

Avant d'implanter un élevage d'Artémia dans des marais salants du Sud de la France, on se propose de déterminer la concentration en ions chlorure d'un prélèvement d'eau d'un marais de la zone choisie. Cette eau contient exclusivement des ions sodium et des ions chlorure.

La méthode utilisée permet de doser les ions chlorure par précipitation avec les ions argent Ag^+ . La réaction de précipitation $\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} = \text{AgCl}_{(s)}$ peut être considérée comme totale. Le chlorure d'argent formé est un solide blanc.

L'équivalence du dosage sera déterminé de deux manières :

- en utilisant un indicateur coloré ;
- en mesurant la conductivité lors du dosage.

Partie A : Dosage colorimétrique

L'indicateur coloré de fin de réaction est préparé en dissolvant quelques grains de dichlorofluorescéine dans un mélange eau-éthanol (méthode de Fajans). La solution obtenue a une couleur jaune. La présence d'ions sodium Na^+ , chlorure Cl^- ou nitrate NO_3^- ne modifie pas la couleur de la dichlorofluorescéine. Par contre, en présence d'ions Ag^+ , la solution de dichlorofluorescéine prend une couleur rose-rouge.

1. Illustration du fonctionnement de l'indicateur coloré

On prépare deux tubes à essais, numérotés 1 et 2. Dans chaque tube, on mélange 2,0 mL de solution de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$) de concentration $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ et quelques gouttes de solution de l'indicateur coloré préparé avec la dichlorofluorescéine.

Dans le tube n°1, on ajoute 0,5 mL de solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)}$) de concentration $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

Dans le tube n°2, on ajoute 2,2 mL de solution de nitrate d'argent de concentration $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

- Quel est le réactif en excès dans chacun des tubes ? Justifier.
- Quel est l'aspect et la coloration du contenu de chaque tube ?

2. Principe du dosage

On veut doser un volume V_1 d'une solution S_1 d'ions chlorure par une solution S_2 de nitrate d'argent de concentration C_2 .

- Faire un schéma annoté du dispositif de titrage.
- Définir l'équivalence et expliquer brièvement comment la déterminer.

3. Préparation de la solution à doser

En septembre 2003, après un été caniculaire, on a prélevé un échantillon d'eau dans un marais salant, de la zone prévue pour implanter l'élevage d'Artémia. On dilue 10 fois cette eau pour obtenir la solution S_I à doser.

- On souhaite obtenir 50 mL de la solution S_I . Quel volume d'eau doit-on prélever ?
- Désigner et nommer la verrerie à utiliser pour effectuer cette dilution.
- Expliquer brièvement le mode opératoire.

4. Exploitation du dosage

On réalise le dosage d'un volume $V_I = 10,0$ mL de solution S_I par une solution S_2 de nitrate d'argent de concentration $C_2 = 1,00 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹. Le volume de nitrate d'argent versé à l'équivalence est $V_E = 15,2$ mL.

- Déterminer la concentration molaire des ions chlorure dans la solution S_1 .
- En déduire la concentration molaire des ions chlorure dans l'eau du marais.
- Cette eau est-elle favorable au développement des Artémia ?

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

Partie B : Dosage conductimétrique

Données :

- Conductivités molaires ioniques à 25°C :
 $\lambda(\text{Cl}^-) = 7,63 \times 10^{-3}$ S.m².mol⁻¹ ; $\lambda(\text{Ag}^+) = 6,19 \times 10^{-3}$ S.m².mol⁻¹ ;
 $\lambda(\text{NO}_3^-) = 7,14 \times 10^{-3}$ S.m².mol⁻¹ ; $\lambda(\text{Na}^+) = 5,01 \times 10^{-3}$ S.m².mol⁻¹.

5. On a reporté en annexe (A RENDRE AVEC LA COPIE), l'évolution de la conductivité σ au cours du dosage en fonction du volume de nitrate d'argent versé.
- Déterminer graphiquement sur l'annexe le point d'équivalence E du dosage.
 - Justifier, sans calculs, la diminution de la conductivité avant l'équivalence.
 - Justifier, sans calculs, l'augmentation de la conductivité après l'équivalence.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Questions 5 et 9

Numéro du pic	Fréquences émises par la trompette immobile (Hz)	Fréquences émises par la trompette sur le train et perçue par un observateur regardant passer le train (Hz)	Vitesse du train : v (m.s ⁻¹)
1	$F_1 =$	$F'_1 =$	
2	$F_2 =$	$F'_2 =$	
3	$F_3 =$	$F'_3 =$	
4	$F_4 =$	$F'_4 =$	
5	$F_5 =$	$F'_5 =$	
6	$F_6 =$	$F'_6 =$	
7	$F_7 =$	$F'_7 =$	
8	$F_8 =$	$F'_8 =$	
9	$F_9 =$	$F'_9 =$	
Vitesse moyenne :			

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Questions 5 : Suivi par conductimétrie du dosage des ions chlorure

