

# EPREUVE COMMUNE DE SCIENCES PHYSIQUES

**Ce sujet est destiné aux élèves n'ayant pas choisi la spécialité sciences physiques.**

Avril 2016

Durée : 3h30

Porter sur la partie visible du haut de chaque copie la **mention NPC**.

**Ne pas inscrire la classe sur la partie visible de la copie.**

**L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISE.**

Le sujet comporte **15 pages** numérotées de 1 à 15 dont **1 annexe (page 15) à dégrafer et à rendre avec la copie.**

Toute réponse doit être justifiée sauf exception indiquée. Un raisonnement rigoureux est exigé.

Il sera tenu compte dans la notation de la présentation du devoir.

Tout exercice doit être commencé sur une nouvelle copie.

Ce sujet comporte 3 exercices indépendants les uns des autres :

<b>EXERCICE I</b>	<b>LES DEBUTS DE L ELECTRON EN PHYSIQUE</b>	<b>6,5 points</b>
<b>EXERCICE II</b>	<b>SYNTHESE DE LA PHENACETINE</b>	<b>8,5 points</b>
<b>EXERCICE III</b>	<b>CASQUE AUDIO À RÉDUCTION DE BRUIT</b>	<b>5 points</b>

## EXERCICE I - LES DEBUTS DE L ELECTRON EN PHYSIQUE (6,5 points)

Le problème posé par la nature des « rayons cathodiques » à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle fut résolu en 1897 par l'Anglais J.J. Thomson : il s'agissait de particules chargées négativement baptisées par la suite « électrons ». La découverte de l'électron valut à Thomson le prix Nobel de physique en 1906.



J.J. Thomson

Le défi pour les scientifiques de l'époque fut alors de déterminer les caractéristiques de cette particule : sa charge électrique et sa masse. Dans un premier temps, Thomson lui-même, en étudiant la déviation d'un faisceau d'électrons dans un champ électrique, put obtenir le « rapport  $e/m_e$  » de ces deux caractéristiques.



R. Millikan

C'est cependant l'Américain R. Millikan qui, réalisant de multiples expériences entre 1906 et 1913 sur des gouttelettes d'huile, détermina la valeur de la charge de l'électron.

Actuellement, les valeurs admises de la masse et de la charge de l'électron sont :

$$m_e = 9,1093826 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad \text{et} \quad e = 1,602176565 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

Cet exercice comprend **deux parties indépendantes**, en lien avec les travaux de ces deux physiciens.

### 1. L'expérience de J.J. Thomson

Lors de ses recherches dans son laboratoire de Cambridge, Thomson conçoit un dispositif dans lequel un faisceau d'électrons est dévié lors de son passage entre deux plaques où règne un champ électrique. La mesure de la déviation du faisceau d'électrons lui permet alors de déterminer le rapport  $e/m_e$ .

L'étude suivante porte sur le mouvement d'un électron du faisceau qui pénètre entre deux plaques parallèles et horizontales  $P_1$  et  $P_2$ , dans une zone où règne un champ électrique  $\vec{E}$  supposé uniforme et perpendiculaire aux deux plaques.

À l'instant  $t = 0$  s, l'électron arrive en un point O avec une vitesse horizontale  $\vec{V}_0$ .

La trajectoire de l'électron dans un repère (O,x,y) est fournie sur **l'annexe (à rendre avec la copie)**.

L'électron de masse  $m_e$  et de charge  $q = -e$ , dont le mouvement étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen, est soumis à la seule force électrostatique  $\vec{F}_e$ .

**1.1.** Sur le document de **l'annexe**, représenter sans souci d'échelle et **en justifiant** les tracés sur la copie :

- le vecteur force  $\vec{F}_e$  en un point de la trajectoire de l'électron ;
- le vecteur champ électrique  $\vec{E}$  en un point quelconque situé entre les plaques  $P_1$  et  $P_2$ .

**1.2.** Déterminer les équations horaires  $x(t)$  et  $y(t)$  du mouvement de l'électron.

**1.3.** Vérifier que la trajectoire de l'électron a pour équation :  $y = \frac{e.E}{2.m_e.V_0^2} . x^2$ .

**1.4.** À la sortie de la zone entre les plaques  $P_1$  et  $P_2$ , l'électron a subi une déviation verticale SH comme l'indique le schéma de **l'annexe**. On mesure  $SH = y_S = 2,0 \times 10^{-2}$  m.

Déterminer, dans cette expérience, la valeur du rapport  $e/m_e$  de l'électron. Conclure.

**Données :** Longueur des plaques :  $L = 9,0 \times 10^{-2}$  m

Vitesse initiale de l'électron :  $V_0 = 2,4 \times 10^7$  m.s<sup>-1</sup>

Valeur du champ électrique :  $E = 1,6 \times 10^4$  V.m<sup>-1</sup>

## 2. L'expérience de Millikan

L'objectif de Millikan est de montrer qu'un corps chargé ne peut porter qu'une charge électrique multiple d'une « charge élémentaire ».

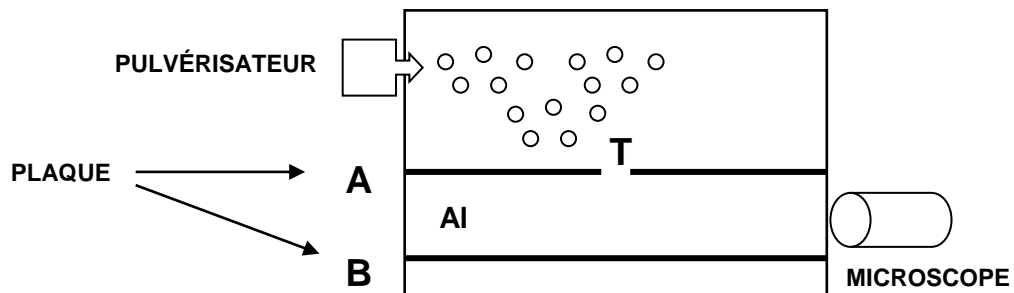
### Document 1 : Principe de l'expérience menée en 1910 par Millikan

Millikan pulvérise des gouttelettes d'huile chargées par irradiation entre deux plaques planes où règne un champ électrique et les observe à l'aide d'un microscope.

Sa méthode consiste à immobiliser les gouttelettes en augmentant le champ électrique jusqu'à ce que le poids de la gouttelette soit compensé par la force électrostatique.

Millikan parvint ainsi à obtenir une valeur approchée de la charge élémentaire  $e = 1,591 \times 10^{-19} \text{ C}$ , très proche de la valeur admise aujourd'hui.

### Document 2 : Description d'une expérience menée de nos jours en laboratoire



Un pulvérisateur produit un nuage de gouttelettes d'huile chargées négativement qui tombent dans la chambre supérieure du dispositif. Lorsque l'une d'elles passe à travers le trou T, elle tombe verticalement à une vitesse constante  $v_1$ , son poids étant très vite compensé par la force de frottement exercée par l'air. Lors de cette première étape, la chute verticale de la gouttelette dans l'air en l'absence de champ électrique est observée à l'aide d'un microscope et permet de déterminer le rayon  $r$  de la gouttelette qui n'est pas mesurable directement.

Lors d'une deuxième étape, lorsque la gouttelette parvient en bas du dispositif, un champ électrique uniforme est créé entre les plaques A et B. La gouttelette remonte alors verticalement à une vitesse constante  $v_2$ .

La charge électrique portée par la gouttelette est ensuite déduite des mesures des vitesses  $v_1$  et  $v_2$ .

Lors de l'expérience menée au laboratoire, une gouttelette de masse  $m$  et de charge  $q$  négative arrive entre les plaques A et B.

La poussée d'Archimède est négligée. La gouttelette étudiée est soumise à son poids  $\vec{P}$  et à la force de frottement  $\vec{f}$  exercée par l'air s'exprimant par la relation  $\vec{f} = -6\pi\eta r \vec{V}$  dans laquelle  $\eta$  est la viscosité de l'air,  $r$  le rayon de la gouttelette et  $\vec{V}$  sa vitesse.

**Données :** Masse volumique de l'huile :  $\rho = 890 \text{ kg.m}^{-3}$   
Valeur du champ de pesanteur :  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$   
Viscosité de l'air :  $\eta = 1,8 \times 10^{-5} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$

### 2.1. Chute verticale de la gouttelette

**2.1.1.** Lors de la chute de la gouttelette en l'absence de champ électrique, écrire la relation vectorielle entre la force de frottement et le poids lorsque la vitesse constante  $v_1$  est atteinte.

En déduire l'expression de  $v_1$  en fonction de  $\eta$ ,  $r$ ,  $m$  et  $g$ .

**2.1.2.** La relation précédente peut également s'écrire  $v_1 = \frac{2}{9} \cdot \frac{\rho g r^2}{\eta}$  où  $\rho$  est la masse volumique de l'huile.

Déterminer le rayon  $r$  de la gouttelette sachant qu'elle parcourt, lors de sa chute, une distance de 2,11 mm pendant une durée  $\Delta t = 10,0$  s.

**2.1.3.** Afin de faciliter la mesure au microscope, la gouttelette ne doit pas être trop rapide.

En déduire s'il est préférable de sélectionner une grosse gouttelette ou au contraire une petite gouttelette.

## 2.2. Remontée de la gouttelette

Un champ électrique uniforme étant établi entre les plaques A et B, la gouttelette subit une force supplémentaire  $\vec{F}_e$  verticale et remonte alors avec une vitesse constante  $v_2$  atteinte presque instantanément.

On peut montrer que la charge  $q$  de la gouttelette est donnée par la relation :

$$q = - \frac{6\pi\eta r(v_1 + v_2)}{E}$$

Plusieurs mesures ont été réalisées pour différentes gouttelettes et rassemblées dans le tableau du document 3.

Numéro de la gouttelette	Rayon $r$ de la gouttelette ( $\mu\text{m}$ )	Vitesse de descente $v_1$ ( $\times 10^{-4} \text{m.s}^{-1}$ )	Vitesse de remontée $v_2$ ( $\times 10^{-4} \text{m.s}^{-1}$ )	Charge $q$ de la gouttelette (C)
1	1,2	1,55	1,59	$- 6,4 \times 10^{-19}$
2	1,3	1,82	1,81	$- 8,0 \times 10^{-19}$
3	1,5	2,42	1,35	$- 9,6 \times 10^{-19}$
4	1,6	2,76	3,13	$- 1,6 \times 10^{-18}$
5		1,82	2,53	$- 9,6 \times 10^{-19}$

**2.2.1.** Les gouttelettes n°2 et n°5 du document 3 ont la même vitesse de descente  $v_1$  mais des vitesses de remontée  $v_2$  différentes.

Déterminer sans calcul le rayon de la gouttelette n°5. Justifier.

Pourquoi leurs vitesses de remontée sont-elles différentes ?

**2.2.2.** Montrer, à partir des résultats expérimentaux du document 3, que la charge de ces gouttelettes est « quantifiée », c'est-à-dire qu'elle ne prend que des valeurs multiples d'une même charge élémentaire égale à  $1,6 \times 10^{-19}$  C.

## EXERCICE II – SYNTHÈSE DE LA PHÉNACÉTINE (8,5 points)

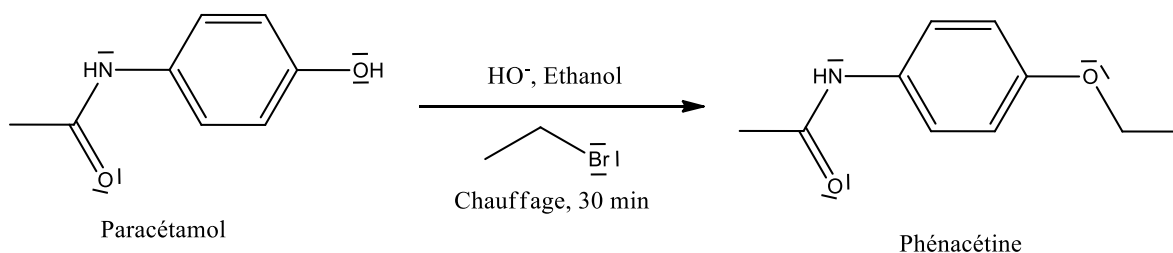
La phénacétine est une espèce organique découverte en 1887. Elle a principalement été utilisée comme analgésique ou dans le traitement de la polyarthrite rhumatoïde. En 1983, la phénacétine a été retirée du marché, après que l'on ait montré qu'elle pouvait causer des dommages aux reins.

La phénacétine est un produit de plus en plus fréquemment utilisé pour couper la cocaïne par ses producteurs ou dealers. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Ph%C3%A9nac%C3%A9tine> - cite note-4

On se reportera aux trois documents présents en fin d'exercice (p 8, 9 et 10) pour les parties 1 à 4 ainsi qu'à l'annexe (p. 15) à rendre avec la copie. Les documents A, B et C ne sont relatifs qu'à la partie 5.

### Partie 1 : Réaction de synthèse de la phénacétine

La synthèse de la phénacétine se fait à partir du paracétamol.



1. Recopier la molécule de paracétamol sur la copie et entourer les groupes caractéristiques présents sur cette molécule. Nommer les familles chimiques correspondantes.

2. La paracétamol et la phénacétine sont-elles des molécules chirales ? Justifier.

Le mécanisme réactionnel de la synthèse peut être décrit en deux étapes comme indiqué en annexe, avec passage par un intermédiaire réactionnel appelé ion phénate.

3. L'étape 1 de ce mécanisme est une réaction acido-basique. Après avoir rappelé la définition d'un acide ou d'une base, au choix, identifier quelles sont les espèces chimiques jouant chacun de ces rôles lors de l'étape 1.

4. A quel grand type de réaction chimique (addition, élimination, substitution) appartient l'étape 2 ? Ne pas justifier.

5. Sur l'annexe, identifier les sites donneurs d'électrons et accepteurs d'électrons lors de l'étape 2, puis indiquer le mouvement des électrons à l'aide de flèches courbes justifiant la formation et la rupture des liaisons.

### Partie 2 : Analyse du protocole de synthèse

Le but de cette partie est d'analyser le protocole mis en œuvre pour effectuer cette synthèse au laboratoire.

Protocole (les opérations réalisées sont numérotées de 1 à 6 puis de 7 à 9) :

- ① Dans un ballon de 100 mL, placer un barreau aimanté, 1,66 g de paracétamol et 14 mL de solution d'hydroxyde de sodium à 1 mol.L<sup>-1</sup> dans l'éthanol.
- ② Placer dans un chauffe-ballon, et mettre sous agitation.
- ③ Une fois le paracétamol complètement solubilisé, introduire 1,50 mL de bromoéthane et laisser à reflux pendant 30 minutes.
- ④ Après les 30 minutes de reflux, enlever le chauffe-ballon et ajouter 25 mL d'eau par le haut du réfrigérant, agiter, et placer le ballon contenant le mélange dans un mélange eau-glace.
- ⑤ Filtrer les cristaux obtenus sur Büchner, les laver avec un peu d'eau glacée. Essorer les cristaux, et mettre à l'étuve 30 minutes.
- ⑥ Peser le brut obtenu, en conservant un échantillon pour réaliser une CCM, et réaliser une analyse IR.

6. Quelles opérations du protocole ci-dessus correspondent à l'étape 1 du mécanisme ? Qu'en est-il pour l'étape 2 du mécanisme ?
7. Rappeler le rôle du solvant. Quel solvant est choisi lors de cette réaction ? Justifier ce choix.
8. Légender sur l'annexe le dispositif du chauffage à reflux, et indiquer l'entrée et la sortie d'eau.
9. Quels sont les buts du chauffage à reflux ?
10. Dans quel état physique se trouve le produit d'intérêt à la fin de l'opération 4 ? Justifier.
11. Quelles espèces chimiques sont éliminées lors de la filtration sur Büchner et des lavages à l'eau glacée ? Justifier.
12. Quelle masse maximale de phénacétine peut être obtenue via ce protocole ?
13. La masse de produit brut obtenu est de 1,68 g. Calculer le rendement brut de la réaction.

### Partie 3 : Purification du brut réactionnel

Après avoir réalisé les opérations 1 à 6 du protocole, le spectre IR du produit brut obtenu est réalisé (voir document 2). Après comparaison avec le spectre IR du paracétamol, le technicien décide d'ajouter les opérations suivantes au protocole :

- ⑦ Recristalliser le produit brut en utilisant le minimum d'eau, filtrer sur Büchner, essorer, et sécher à l'étuve 30 min.
  - ⑧ Peser les cristaux obtenus, mesurer la température de fusion et en conserver un échantillon pour la CCM.
  - ⑨ Réaliser la chromatographie sur couche mince (CCM), ainsi qu'une RMN du produit purifié.
14. Justifier le choix du technicien de faire une recristallisation en comparant le spectre IR du paracétamol et celui qu'il a obtenu du brut réactionnel. L'analyse complète des spectres IR n'est pas indispensable pour répondre à cette question.
  15. A l'aide des données pertinentes, justifier que l'eau soit un bon solvant pour la recristallisation.

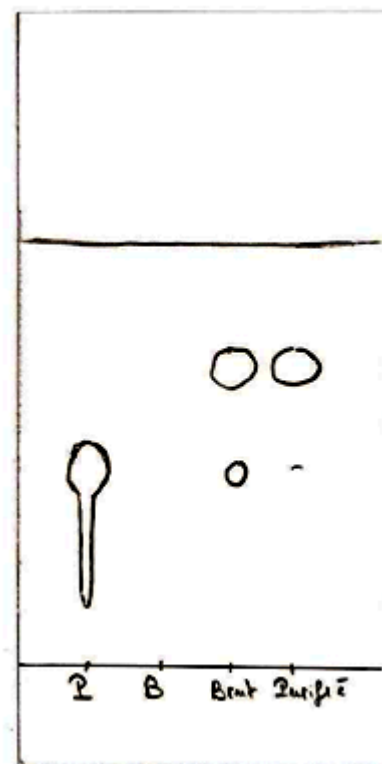
### Partie 4 : Analyse du produit purifié

Après purification, une CCM est réalisée avec les 4 dépôts suivants :

- Paracétamol pur (P)
- Bromoéthane pur (B)
- Produit brut avant recristallisation (Brut)
- Produit purifié (Purifié)

Après élution et révélation aux UV, le résultat ci-contre est obtenu :

16. Analyser la CCM.
17. Quel autre dépôt aurait pu être réalisé pour faciliter l'analyse de la CCM ?



Pour confirmer les résultats de la CCM, le technicien réalise une analyse RMN du produit purifié (supposé être la phénacétine) à comparer avec le spectre RMN du paracétamol (voir document 3). L'intégration de chaque signal est indiquée en dessous des pics.

18. Dessiner la molécule de paracétamol et y repérer les groupes de protons équivalents. Associer à chaque pic du spectre RMN le groupe correspondant. On s'aidera de la table fournie ainsi que des indications qui suivent cette table.

19. Faire de même pour le spectre du produit purifié. Est-il compatible avec la molécule de phénacétine ?

20. A l'aide des spectres RMN, justifier que la fixation du groupe éthyle s'est bien réalisée sur l'atome d'oxygène et non sur l'atome d'azote, pourtant lui aussi donneur d'électrons.

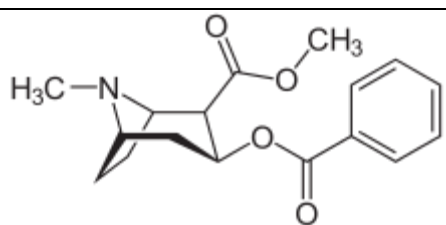
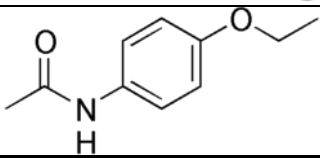
## Partie 5 : détermination de la composition d'un échantillon de cocaïne coupé

### Document A. Coupe de la cocaïne

La cocaïne est souvent « coupée » avec d'autres espèces chimiques qui ont le même aspect qu'elle mais beaucoup moins chères : le consommateur achète ainsi un produit qu'il croit pur mais dont l'échantillon renferme d'autres substances beaucoup moins onéreuses. Le dealer utilise ainsi moins de cocaïne pour le même prix.

Les substances rencontrées pour la coupe de la cocaïne sont par exemple le plâtre, le glucose ou des médicaments en poudre blanche comme la phénacétine. Elles peuvent aggraver considérablement l'état de la personne qui se drogue.

### Document B. Données physicochimiques : formules et masses molaires

Nom	Formule topologique	Formule brute	Masse molaire
cocaïne		C <sub>17</sub> H <sub>21</sub> NO <sub>4</sub>	M <sub>coc</sub> = 303,35 g.mol <sup>-1</sup>
phénacétine		C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>2</sub>	M <sub>phén</sub> = 179,22 g.mol <sup>-1</sup>

### Document C. Analyse d'un échantillon de cocaïne impure au laboratoire de la police scientifique

La police scientifique a analysé un échantillon de cocaïne vendu en Europe et provenant d'Amérique du Sud. Les résultats sont les suivants :

	Analyse statistique pour 1,00 mol de molécules présentes dans l'échantillon
cocaïne	0,38 mol
phénacétine	0,62 mol
Autre espèce	Aucune autre espèce dans l'échantillon analysé


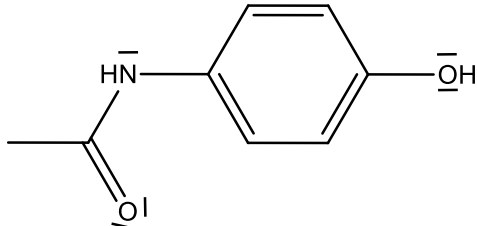





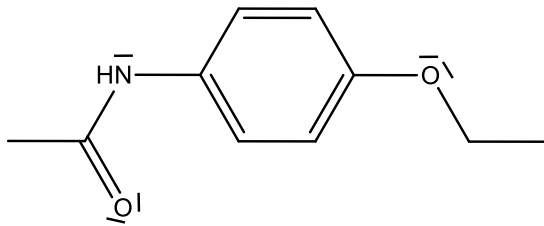
On utilisera les 3 documents A, B et C précédents spécifiques à cette partie pour répondre au problème suivant :

21. Les dealers ne préparent pas leur coupe en parlant en quantité de matière mais en masse. Trouver la masse de cocaïne et la masse de phénacétine qui ont été mélangées pour obtenir 100 g de cocaïne impure ayant la même composition que l'échantillon analysé par la police scientifique du document C.

Les raisonnements et les calculs devront être correctement présentés pour répondre à la question posée.

## DOCUMENTS DE L'EXERCICE DE CHIMIE

## Document 1. Données physico-chimiques sur les espèces chimiques mises en jeu

Nom	Formule de la molécule	Propriétés
Paracétamol 		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masse molaire : 151,16 g.mol<sup>-1</sup></li> <li>• Aspect : solide blanc</li> <li>• Température de fusion : 170°C</li> <li>• Solubilité : Soluble dans l'eau froide à faible concentration, soluble à chaud. Soluble dans l'éthanol à chaud et à froid.</li> </ul>
Ethanol 	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masse molaire : 46,07 g.mol<sup>-1</sup></li> <li>• Masse volumique : 0,789 g.mL<sup>-1</sup></li> <li>• Aspect : liquide incolore</li> <li>• Température de fusion : -114°C</li> <li>• Température d'ébullition : 79°C</li> <li>• Solubilité : soluble dans l'eau en toute proportion</li> </ul>
Bromoéthane  	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Br}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masse molaire : 108,97 g.mol<sup>-1</sup></li> <li>• Masse volumique : 1,46 g.mL<sup>-1</sup></li> <li>• Aspect : liquide incolore</li> <li>• Température de fusion : -119°C</li> <li>• Température d'ébullition : 38 °C</li> <li>• Solubilité : 14 g.L<sup>-1</sup> dans l'eau froide, beaucoup plus soluble à chaud, soluble dans l'éthanol</li> </ul>
Phénacétine  		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masse molaire : 179,22 g.mol<sup>-1</sup></li> <li>• Aspect : solide blanc</li> <li>• Température de fusion : 136°C</li> <li>• Solubilité : 0,76 g.L<sup>-1</sup> dans l'eau froide, 12 g.L<sup>-1</sup> dans l'eau chaude. Soluble dans l'éthanol à froid et à chaud. Peu soluble dans un mélange eau/éthanol.</li> </ul>

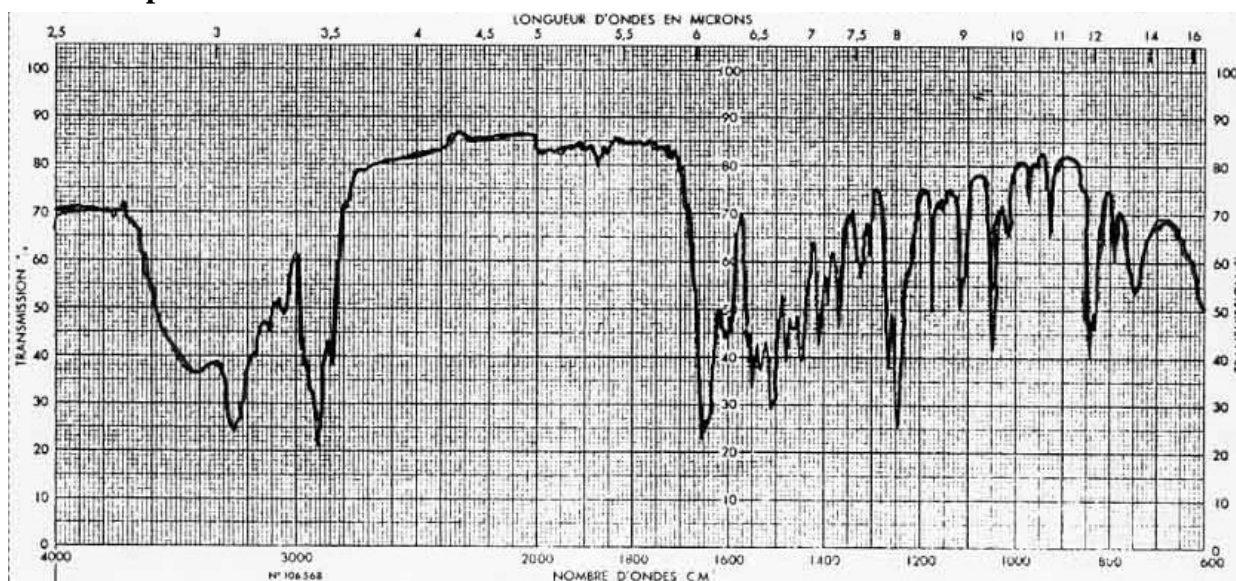


## Document 2. Tables de données IR et spectres

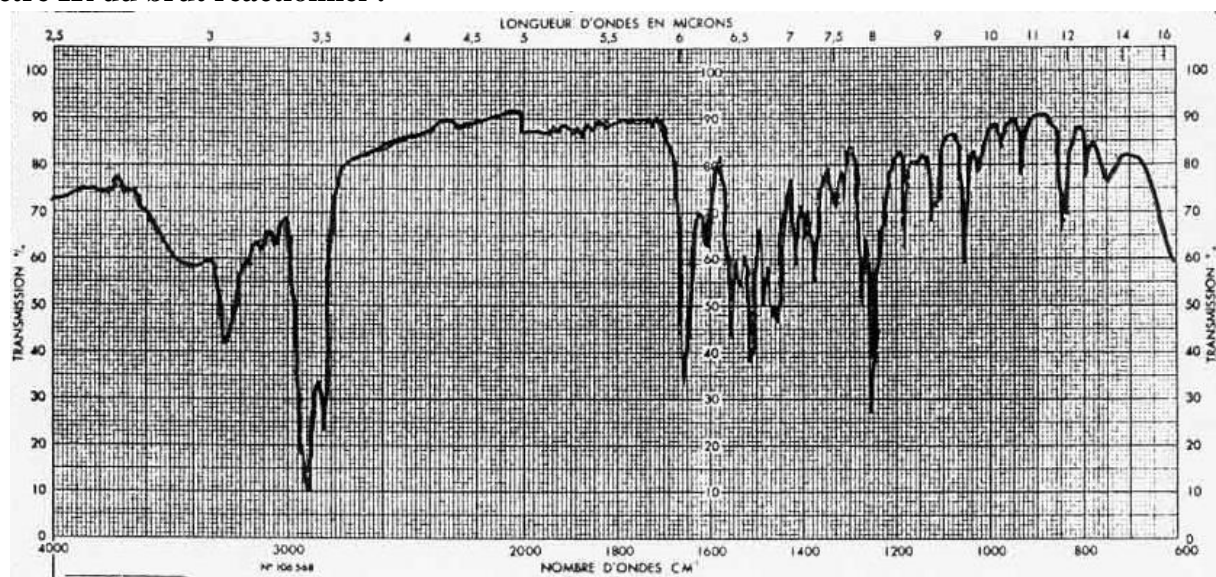
### Table de données

FAMILLE	Type de liaison	Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )
Cétone	C = O	1705 - 1725
Aldéhyde	C <sub>tri</sub> - H C = O	2700 - 2900 (double pic) 1720 - 1740
Acide carboxylique	O - H C = O	2500 - 3200 1740 - 1800
Ester	C = O	1730 - 1750
Amide	C = O	1640 - 1680
Alcool	O - H <sub>lié</sub> O - H <sub>libre</sub>	3200 - 3600 (très large bande) 3600 - 3700

### Spectre IR du paracétamol :

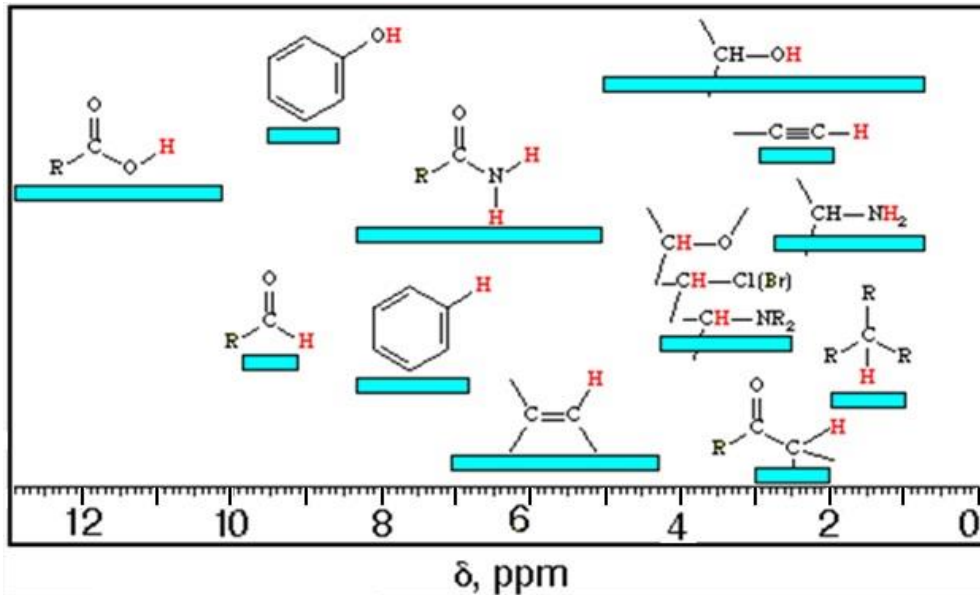


### Spectre IR du brut réactionnel :




### Document 3. Table de données pour la RMN et spectres

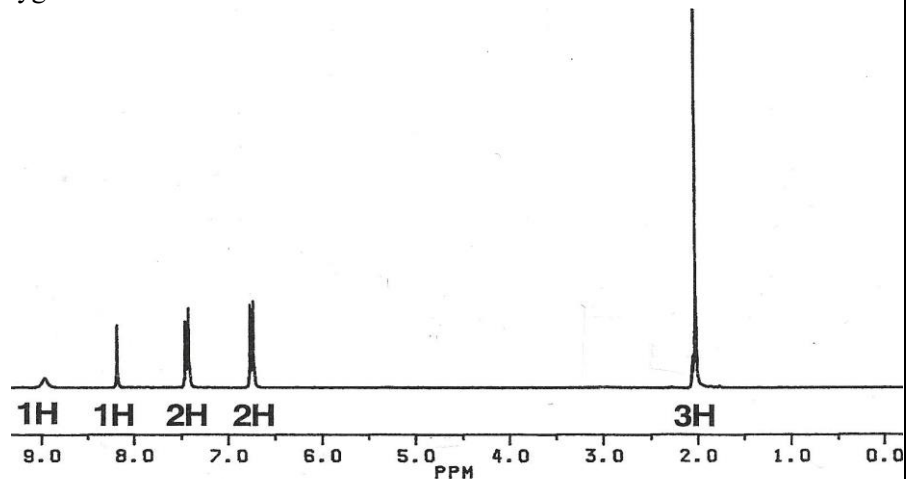
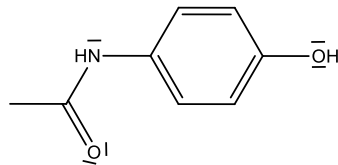
#### Table de données



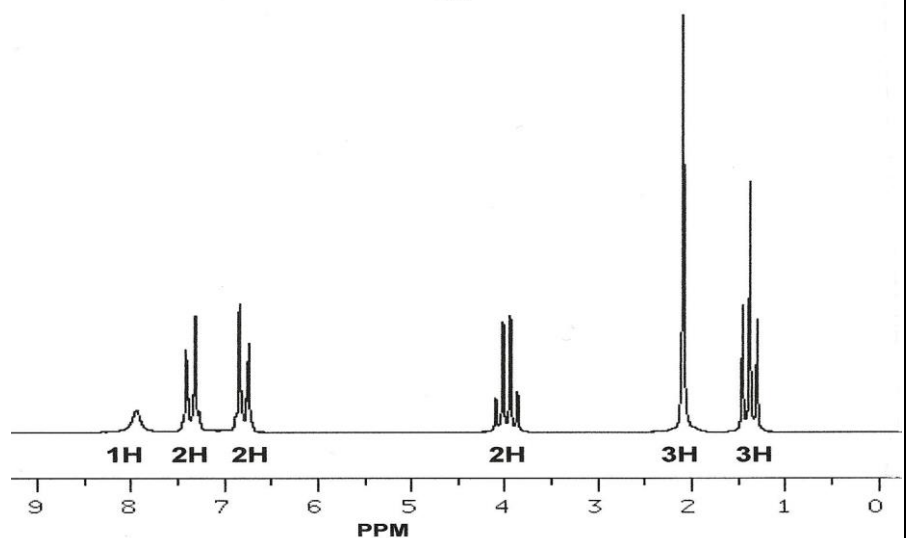
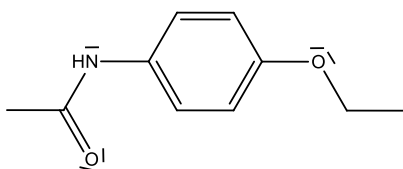
Informations supplémentaires pour les spectres RMN à propos des H portés sur un cycle benzénique :

Le groupe benzénique est le groupe suivant d'atomes de carbone : . Les H portés directement sur un cycle benzénique, plus proches d'un atome d'oxygène dans la molécule que d'un atome d'azote, présentent un déplacement chimique plus grand que les H portés par ce même cycle benzénique qui eux seraient plus proches d'un atome d'azote que d'un atome d'oxygène

#### Spectre RMN du paracétamol



#### Spectre RMN du produit purifié (supposé être la phénacétine)



### EXERCICE III – CASQUE AUDIO À RÉDUCTION DE BRUIT (5 points)

Une enquête réalisée en 2010 a révélé que les jeunes de 12 à 25 ans passent en moyenne 1h38 par jour à écouter leur baladeur numérique. Dans les transports en commun notamment, nombreux sont ceux qui s'isolent de l'environnement sonore extérieur en écoutant de la musique. Les casques audio offrent tous une réduction dite « passive » des bruits ambiants en isolant le système auditif par la seule application des oreillettes. Mais il existe aujourd'hui des casques audio qui présentent, en plus de la réduction passive, un dispositif dit « actif » qui tend à supprimer les bruits résiduels à l'intérieur des oreillettes. L'exercice traite de ces dispositifs.

#### Document 1. Extrait de la notice d'un casque audio à réduction de bruit

La technologie consiste à placer un micro miniature, dans chaque oreillette, destiné à capter le bruit ambiant (trafic, installations de ventilation, climatiseur, etc.) et à le supprimer par un signal anti-bruit adapté.

#### Caractéristiques techniques\*

<b>Transducteur</b>	<b>40 mm, en fonction réduction de bruit active</b>
<b>Réponse en fréquence</b>	<b>10 – 25 000 Hz</b>
<b>Fonction réduction de bruit</b>	<b>jusqu'à 20 dB</b>
<b>Active QuietPoint®</b>	
<b>Sensibilité</b>	<b>109 dB</b>
<b>Impédance</b>	<b>300 ohms</b>
<b>Puissance d'entrée maximale</b>	<b>500 mW</b>

\* Caractéristiques mesurées avec le casque d'écoute en mode actif. Les caractéristiques techniques données sous réserve de modifications sans préavis.

Un interrupteur disposé sur l'oreillette gauche permet d'allumer ou d'éteindre le dispositif actif.

#### 1. Caractéristiques du casque et oreille humaine

La « réponse en fréquence » du casque est-elle adaptée à l'audition humaine ?

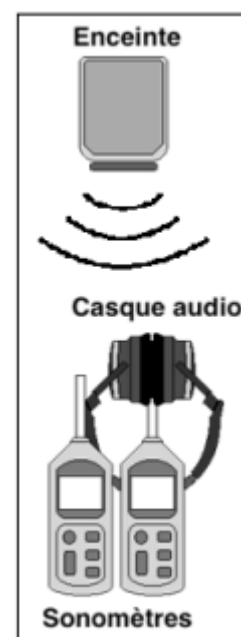
#### 2. Efficacité du dispositif de réduction de bruit

Le dispositif expérimental représenté ci-contre est mis en place.

Une enceinte acoustique émet un signal sonore de fréquence  $f$  et d'intensité  $I$  toutes deux réglables.

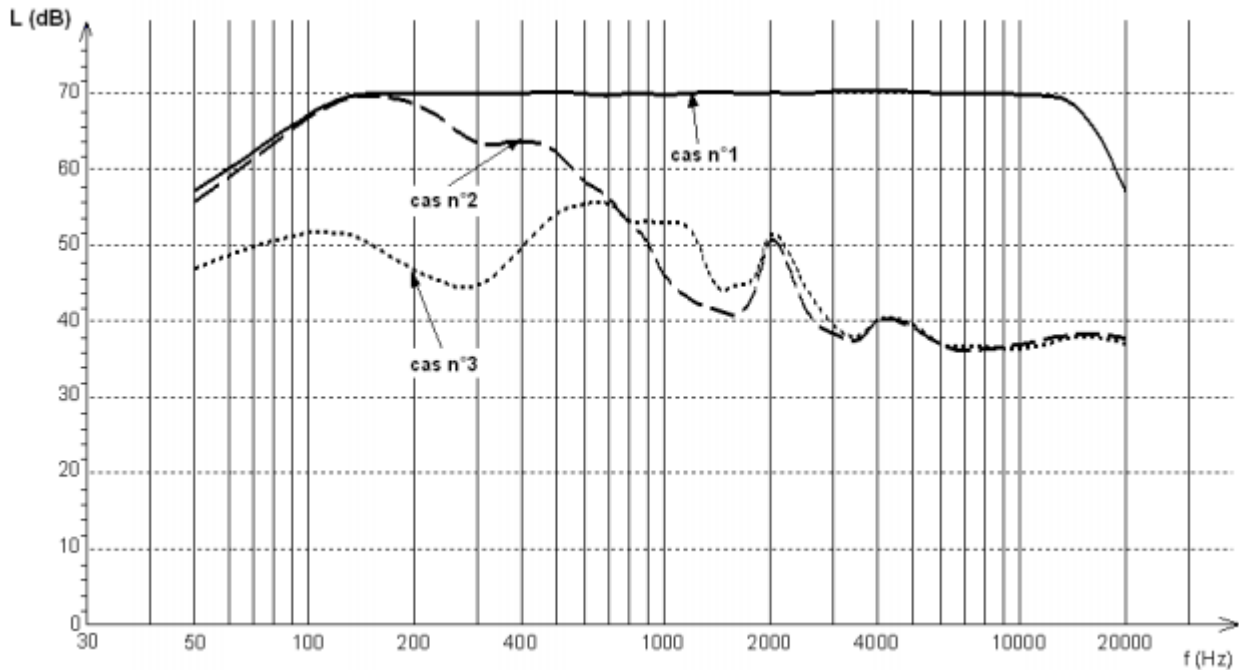
Le capteur d'un premier sonomètre est placé entre les deux oreillettes du casque. Les oreillettes sont en outre maintenues plaquées l'une contre l'autre de manière à enfermer le mieux possible le capteur. Ce sonomètre mesure ainsi le niveau d'intensité sonore  $L$  entre les oreillettes. Casque et sonomètre sont placés face à l'enceinte.

Un deuxième sonomètre mesure le niveau d'intensité sonore à proximité immédiate du casque.



Les niveaux d'intensité sonore mesurés en fonction de la fréquence sont représentés ci-dessous :

- niveau d'intensité sonore ambiant à proximité immédiate du casque (cas n°1) ;
- niveau d'intensité sonore entre les oreillettes lorsque le dispositif actif est éteint et que les oreillettes interviennent seules (cas n°2) ;
- niveau d'intensité sonore entre les oreillettes lorsque le dispositif actif fonctionne (cas n°3).



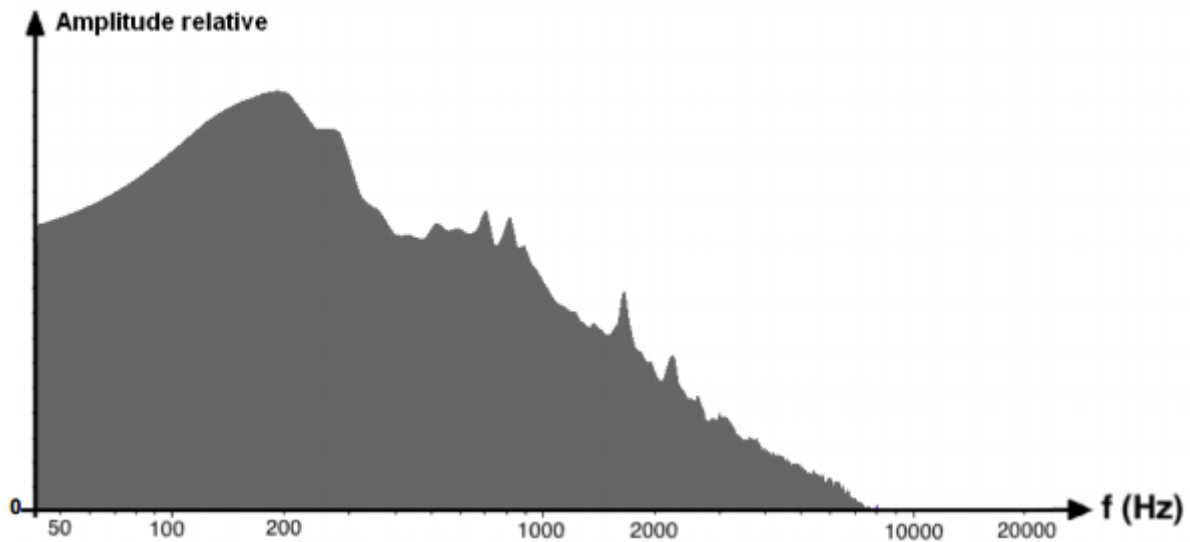
**2.1.** Identifier approximativement les domaines de fréquence pour lesquels :

- seules les oreillettes sont efficaces pour la réduction de bruit ambiant ;
- seul le dispositif actif est efficace pour la réduction du bruit ambiant ;
- les deux dispositifs participent à la réduction du bruit ambiant.

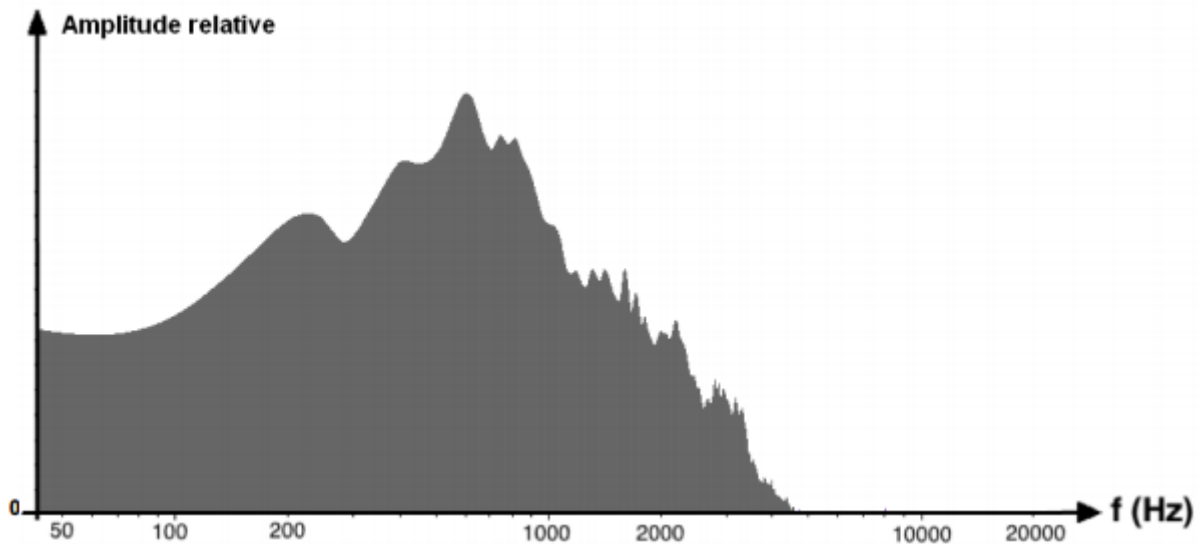
**2.2.** Concernant la réduction de bruit, les mesures ayant permis la construction graphique ci-dessus sont-elles conformes à la performance annoncée dans l'extrait de la notice présente dans le document n°1 ? Justifier.

**2.3.** Le casque à réduction de bruit est ensuite testé dans deux environnements sonores différents ; à l'intérieur d'un train Corail et dans une pièce où deux personnes discutent. Les deux environnements sonores ont par ailleurs été enregistrés et les documents 2 et 3 présentent les spectres associés. Ces sons n'étant pas périodiques mais particulièrement complexes, leurs spectres ne sont pas des spectres de raies comme celui d'une note jouée par un instrument de musique mais des spectres continus. L'amplitude relative en ordonnée montre la contribution de chaque fréquence émise au niveau d'intensité sonore global. Exploiter l'ensemble des trois graphes afin de prévoir dans lequel des deux environnements sonores le dispositif actif est susceptible d'intervenir le plus efficacement. Justifier.

## Document 2. Spectre de l'environnement sonore dans un train Corail



## Document 3. Spectre de l'environnement sonore créé par une discussion dans une pièce



### 3. Simulation du dispositif actif

D'après la notice, la réduction active du bruit consiste à émettre un signal dit « anti-bruit ».

Le dispositif expérimental représenté ci-contre est mis en place.

Le bruit est modélisé par une onde sonore sinusoïdale de fréquence  $f_B = 132$  Hz émise par l'enceinte acoustique B.

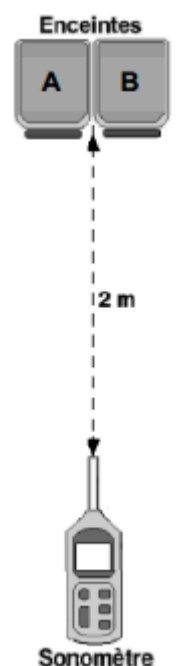
Le signal anti-bruit est modélisé par une onde sonore sinusoïdale de fréquence  $f_A$  émise par une deuxième enceinte acoustique A accolée à la première.

Un logiciel contrôle la fréquence et l'intensité de chaque signal ainsi que le déphasage entre les signaux.

À une distance de deux mètres face aux enceintes, le niveau d'intensité sonore du son émis par chaque enceinte, seule, est systématiquement ajusté à  $L_A = L_B = 50$  dB.

Ce dispositif permet ainsi de mesurer l'influence de la fréquence de chaque signal et du déphasage entre les signaux sur le niveau d'intensité sonore  $L$  face aux deux enceintes à une distance de deux mètres.

Les résultats de trois expériences sont regroupés dans le document 4 ci-après.



#### Document 4. Résultats des expériences

Expérience	1	2	3
Fréquence $f_B$ (Hz)	132	132	132
Fréquence $f_A$ (Hz)	198	132	132
Déphasage à l'émission des signaux produits par les enceintes A et B		en phase	en opposition de phase
$L$ (dB)	$53 \pm 1$	$56 \pm 1$	$44 \pm 1$

Remarque : Les incertitudes affichées dans ce document sont associées à des niveaux de confiance de 95%.

**3.1.** Les intervalles de confiance associés aux mesures des niveaux d'intensité sonores lors des expériences 1, 2 et 3 permettent-ils de conclure que les valeurs mesurées sont significativement différentes ? Justifier.

**3.2.** On note  $I$  l'intensité sonore associée au niveau d'intensité sonore  $L$ . Pour quelle expérience l'intensité  $I$  du son est-elle la somme des intensités des sons issus de chaque enceinte prise séparément ? On justifiera la réponse par un calcul précis.

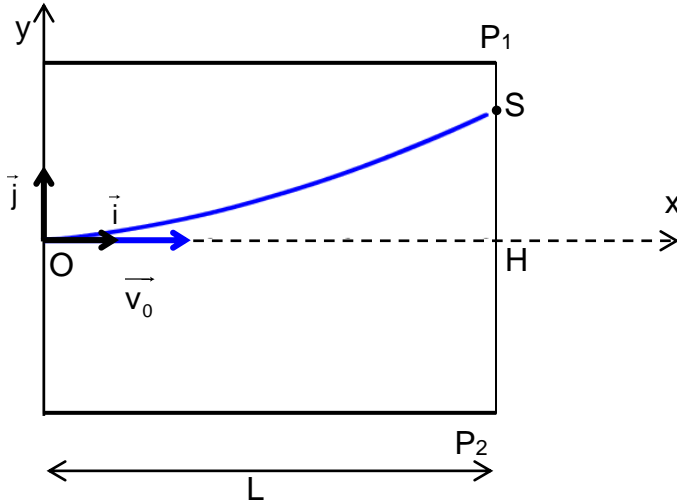
**3.3.** Comme les ondes électromagnétiques, les ondes sonores peuvent donner lieu aux phénomènes de réflexion, réfraction, diffraction, interférences, etc.

**3.3.1.** Illustrer à l'aide de graphiques le principe des interférences dans les cas 2 et 3. Comment appelle-t-on ces deux types d'interférences ?

**3.3.2.** Quelle expérience modélise le dispositif actif de réduction de bruit ? Justifier votre réponse.

**ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**

**EXERCICE I Question 1.1.**



COLLE

**NOM :**

**Prénom :**

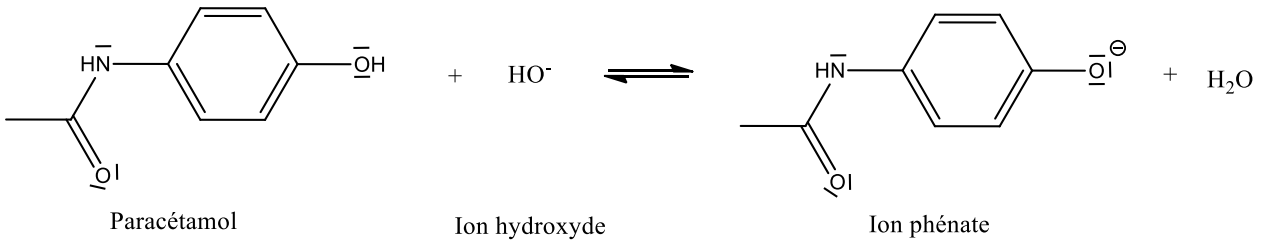
**Classe :**

COLLE

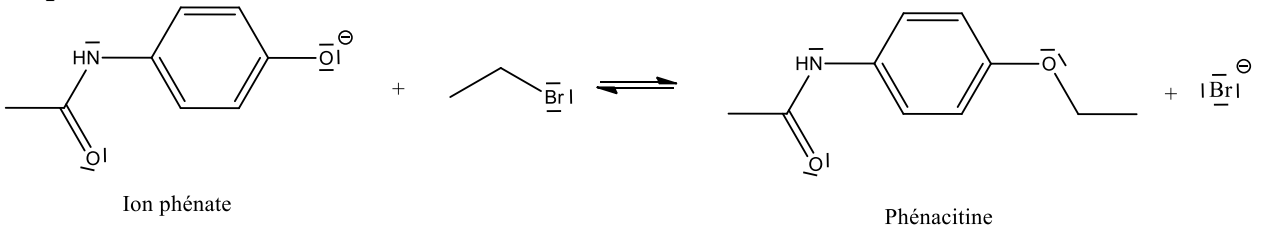
**EXERCICE 2**

Mécanisme réactionnel

**Étape 1 :**



**Étape 2 :**



Dispositif de montage à reflux

