

# **BACCALAURÉAT GÉNÉRAL**

**Session 2017**

## **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.**

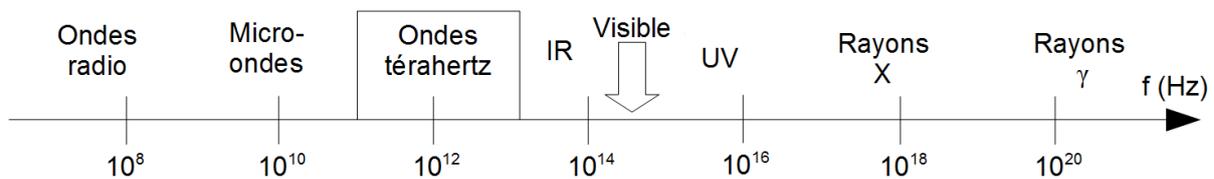
<b>EXERCICE I : L'UNIVERS DU TÉRAHERTZ (6 points)</b>
---

Chacun connaît les rayons X, mais il existe aussi des rayons T.

Découverts depuis plus d'un siècle, les rayonnements térahertz ou rayons T sont restés longtemps une portion inexplorée du spectre électromagnétique. Il était en effet difficile de les détecter et de les produire.

Grâce aux avancées récentes de la technologie, ils connaissent aujourd'hui un engouement certain dans le domaine de l'imagerie médicale, la sécurité, la télécommunication à très haut débit, ...

Domaines des rayonnements électromagnétiques :



### Données :

- Les fréquences des rayons térahertz sont comprises entre 0,1 THz et 30 THz.
- 1 THz =  $10^{12}$  Hz
- Célérité de la lumière :  $c = 3,00 \times 10^8$  m.s<sup>-1</sup>
- Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s
- Électron-volt : 1 eV =  $1,60 \times 10^{-19}$  J

### 1. Téraherz et scanner.

Les ondes térahertz possèdent des propriétés tout à fait remarquables. De par leur nature même, à la frontière de l'optique et des micro-ondes, leurs propriétés cumulent les avantages des deux mondes :

- elles peuvent pénétrer certains matériaux opaques au rayonnement visible tels que le carton, les tissus, le bois ou les matières plastiques ;
- elles interagissent peu avec la matière, ce qui permet de les utiliser dans des applications d'imagerie pénétrante sans toutefois présenter de danger pour les organismes vivants.

Les scanners à rayons X sont d'un usage courant. Dans les laboratoires, les chercheurs conçoivent de nouveaux types de scanner faisant appel aux rayons T.

1.1. Certains rayonnements sont dit ionisants. Leur énergie, supérieure à 10 eV, est suffisante pour transformer les atomes en ions. Ces rayonnements ionisants peuvent être nocifs pour les organismes vivants si la quantité d'énergie reçue est trop élevée.

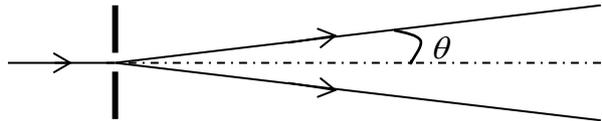
1.1.1. Calculer l'énergie en eV :

- d'un photon associé à un rayonnement X de fréquence égale à  $1,0 \times 10^{17}$  Hz ;
- d'un photon associé à un rayonnement T de fréquence égale à 1,5 THz.

1.1.2. Comparer l'impact sur les organismes vivants d'un scanner à rayons X et d'un scanner à rayons T. Justifier la réponse.

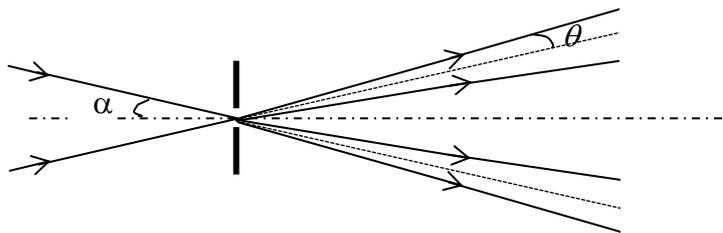
1.2. Le pouvoir de résolution d'un système d'observation, est sa capacité à séparer deux points distincts pour qu'ils soient correctement discernés par l'observateur. Il est lié à la diffraction de l'onde, de longueur d'onde  $\lambda$ , lorsque l'onde traverse le système d'observation.

1.2.1. On éclaire une fente de largeur  $a$  par un laser de longueur d'onde  $\lambda$ .



Rappeler l'expression reliant l'angle  $\theta$  aux grandeurs  $a$  et  $\lambda$ .

1.2.2. Cette fente est maintenant éclairée par deux faisceaux laser faisant un angle  $\alpha$  avec l'axe de la fente. On suppose que l'ouverture  $\theta$  du faisceau liée à la diffraction a la même expression que lorsque l'axe du faisceau arrive perpendiculairement à la fente.



Montrer que si l'angle  $\alpha$  est petit, il est impossible de séparer les deux faisceaux à la sortie de la fente. Donner l'expression de la valeur limite de  $\alpha$ .

1.3. Plus le diamètre  $D$  de l'objectif de la caméra qui équipe le scanner est grand plus les détails observés sont petits. Un objet étant positionné à une distance  $L$  de la caméra, on distingue deux points A et B de l'objet séparés d'une distance  $d$  si le diamètre  $D_{\min}$  de l'objectif de la caméra est au minimum de :

$$D_{\min} = 1,22 \cdot \lambda \cdot \frac{L}{d}$$

1.3.1. Pour un objet situé à 12 cm de la caméra térahertz, sensible au rayonnement de fréquence égale à 1,5 THz, montrer que deux points séparés de 0,20 mm ne peuvent pas être distingués avec un objectif de diamètre 10 cm.

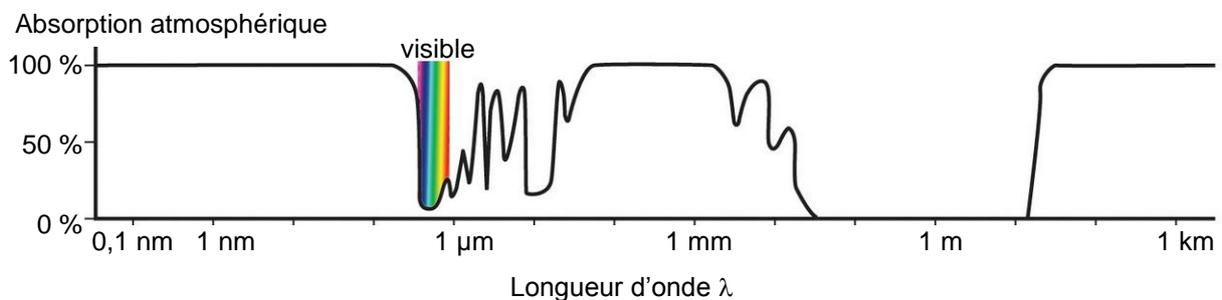
1.3.2. Comment modifier la valeur de la fréquence des ondes térahertz afin de visualiser distinctement ces deux points?

## 2. Téraherz et étude de l'Univers

D'après les modèles construits par les chercheurs en astrophysique, la naissance de l'Univers s'est accompagnée de l'émission d'un intense rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement nous parvient, atténué, après avoir cheminé pendant des milliards d'années dans l'espace. Provenant de toutes les directions de l'Univers, ce « rayonnement fossile » apparaît homogène et se comporte comme le rayonnement d'un corps noir à la température de 3 kelvins.

### Données

- Loi de Wien :  $\lambda_{\max} \cdot T = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$   
avec  $\lambda_{\max}$  la longueur d'onde majoritairement émise (exprimée en m) dans le spectre d'émission d'un corps noir porté à une température  $T$  (exprimée en kelvin).
- Absorption de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique



- 2.1. Montrer que le « rayonnement fossile » peut être considéré comme un rayonnement téraherz.
- 2.2. Le rayonnement fossile peut-il être directement étudié avec des instruments au sol ou nécessite-t-il l'utilisation d'un satellite ? Justifier votre réponse.

<b>EXERCICE II : ARÔME DE MENTHE (9 points)</b>
---

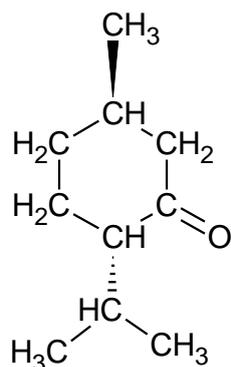
Dans certaines boissons ou confiseries, la présence de composés extraits de la menthe procure un effet rafraîchissant, dont les publicitaires ont d'ailleurs su tirer profit, de la « *Fraicheur de vivre* » au « *Bonbon au goût très frais* ».

Les scientifiques ont montré que des molécules comme celle du menthol créent la sensation de froid en activant des mécanismes sensoriels, sans qu'il y ait pour autant d'échanges thermiques.

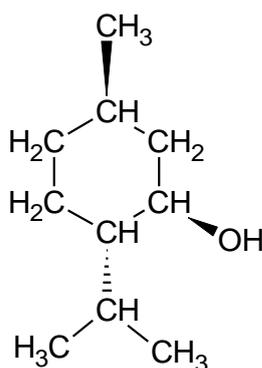
### 1. Menthol et menthone

L'arôme naturel de menthe est principalement dû à trois molécules : le (-) menthol, la menthone et l'éthanoate de menthyle.

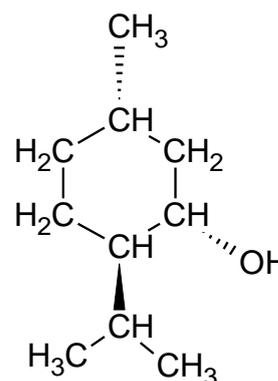
Comme de nombreuses substances odorantes, le (-) menthol s'insère dans les cellules olfactives comme une clef dans une serrure, en donnant une note fraîche et mentholée. Son stéréoisomère, le (+) menthol donne une sensation de moisi beaucoup moins agréable.



menthone



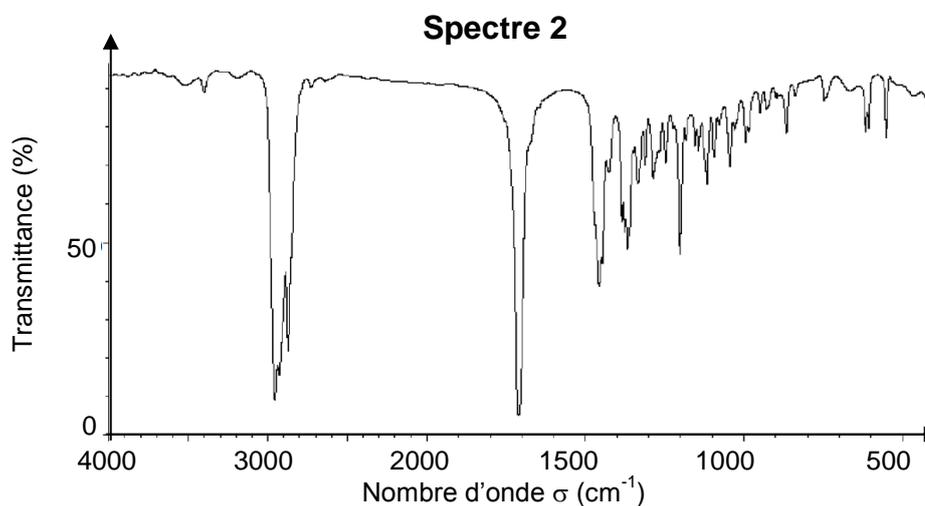
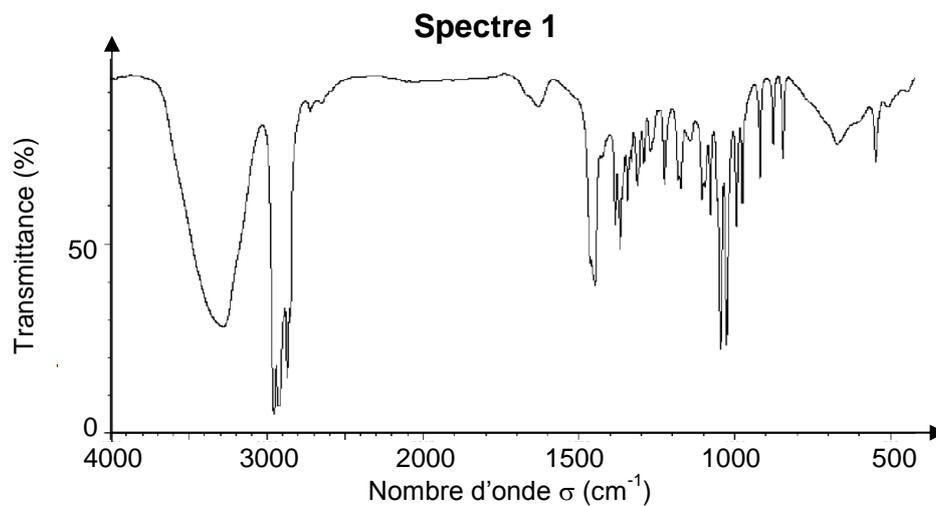
(-) menthol



(+) menthol

- 1.1. Donner la représentation topologique des molécules de menthone et de (-) menthol.
- 1.2. Repérer le(s) atome(s) de carbone asymétrique sur la représentation topologique de la menthone. Justifier.
- 1.3. Donner le nom du type de stéréoisomérisation de configuration qui lie les deux molécules de (-) menthol et de (+) menthol. Justifier.

1.4. Le spectre infrarouge de la menthone et celui du menthol sont donnés ci-dessous. Choisir, en justifiant, celui correspondant à la menthone.



[http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/cre\\_index.cgi](http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/cre_index.cgi)

**Données** : bandes d'absorption en spectroscopie IR

Liaison	C=C	C=O	O-H (acide carboxylique)	C-H	O-H (alcool)
Nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ )	1620 - 1680	1650- 1750	2500 - 3200	2800 - 3100	3200 - 3650

## 2. Synthèse d'un arôme de menthe : l'éthanoate de menthyle

L'éthanoate de menthyle, présent dans l'huile essentielle de menthe, peut être préparé à partir d'acide éthanoïque et de menthol.

L'équation de la réaction de synthèse est :



Le protocole de cette synthèse est décrit ci-dessous :

- verser dans un ballon 15,6 g de menthol, puis, avec précaution, 11,0 mL d'acide éthanoïque pur, et enfin, quelques gouttes d'acide sulfurique concentré ;
- chauffer à reflux le mélange réactionnel durant 40 minutes environ ;
- verser le mélange obtenu dans un bécher contenant 100 mL de solution aqueuse de chlorure de sodium ;
- extraire la phase organique contenant l'éthanoate de menthyle à l'aide d'une ampoule à décanter ;
- laver la phase organique avec une solution saturée d'hydrogencarbonate de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ ) : on observe une effervescence ;
- agiter prudemment quelques instants en dégazant régulièrement, puis éliminer la phase aqueuse ;
- sécher la phase organique avec du sulfate de magnésium anhydre.

Au laboratoire, en suivant ce protocole, on a obtenu une masse égale à 12 g d'éthanoate de menthyle.

### Données :

Nom	Formule brute	Masse molaire (g/mol)	Masse volumique (g/mL)	Miscibilité avec l'eau
Menthol	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}$	156	0,89	partielle
Acide éthanoïque	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	60	1,05	presque totale
Éthanoate de menthyle	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_2$	198	0,92	très faible

Couples acide/base :

- acide éthanoïque/ion éthanoate:  $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$
- dioxyde de carbone/ion hydrogencarbonate :  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$

2.1. Les synthèses peuvent conduire à la modification des chaînes et/ou des groupes caractéristiques. Identifier le type de modification associée à la synthèse de l'éthanoate de menthyle. Justifier.

2.2. Étude du protocole.

2.2.1. L'acide sulfurique est ajouté comme catalyseur. Préciser son action dans la synthèse.

2.2.2. Représenter le montage nécessaire à la mise en œuvre du protocole de synthèse. Le nommer et expliquer son intérêt.

2.2.3. Justifier l'utilisation d'une ampoule à décanter pour éliminer la phase aqueuse lors de la dernière étape.

2.2.4. Lors du lavage de la phase organique, l'acide éthanoïque restant réagit avec les ions hydrogénocarbonate.

Écrire l'équation de cette réaction acido-basique et justifier les observations expérimentales faites.

2.3. Rendement de la synthèse.

2.3.1. Identifier le réactif introduit en excès.

2.3.2. Déterminer le rendement de la synthèse de l'éthanoate de menthyle en expliquant la démarche.

2.3.3. Proposer une explication permettant de justifier d'un rendement inférieur à 100% pour cette synthèse.

### 3. Menthe glaciale

Le sirop de menthe glaciale est de couleur bleu-vert (cyan). Sur l'étiquette d'une bouteille de sirop de menthe glaciale, on peut lire les indications suivantes :

**Sucre, sirop de glucose-fructose, eau,  
arôme de menthe, colorant : E133.**

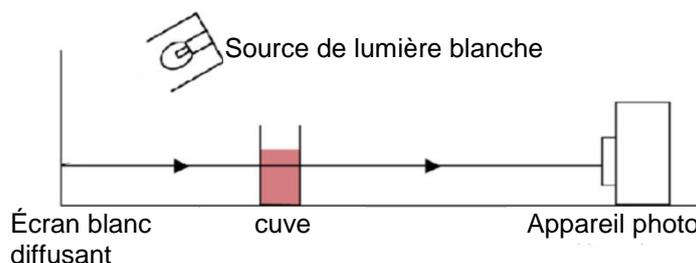
Pour déterminer la concentration en colorant E133 du sirop de menthe :

- on dilue le sirop de menthe glaciale cinq fois : la solution obtenue est notée S ;
- on réalise une échelle de teinte composée de quatre solutions de colorant E133 de concentrations différentes.

On dispose devant un écran éclairé par une source de lumière blanche, une série de six cuves contenant :

- les quatre solutions de l'échelle de teinte notées S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>.
- de l'eau distillée (« blanc ») notée S<sub>0</sub>.
- la solution diluée de sirop de menthe notée S.

L'ensemble est photographié à l'aide d'un appareil photographique numérique.



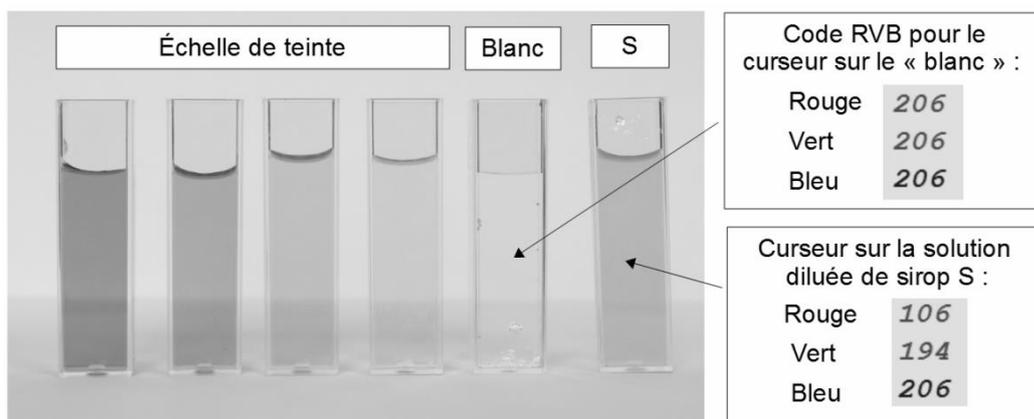
*D'après le BUP PC n°942, mars 2012*

Les hypothèses de travail sont les suivantes :

- l'éclairage des cuves est uniforme ;
- les cuves sont identiques ;
- le colorant E 133 est la seule espèce colorée dans le sirop de menthe glaciale.

Le cliché en couleurs, reproduit en noir et blanc ci-après, est analysé à l'aide d'un utilitaire permettant de connaître les codes couleurs des pixels.

En codage RVB 24 bits, la réponse pour la composante rouge R, la composante verte V et la composante bleue B, est traduite par un nombre compris entre 0 et 255 correspondant aux différentes nuances d'intensité lumineuse d'une même couleur.



L'absorbance associée à la composante R ou V ou B est déterminée par la relation :

$$A = \log \left( \frac{\text{Valeur du code de la composante considérée dans le blanc}}{\text{Valeur du code de la même composante dans la solution colorée}} \right)$$

Les résultats obtenus pour l'échelle de teinte et le blanc sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Solutions	Échelle de teinte				« Blanc »
	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>
Concentration en (mg/L)	<b>24,0</b>	<b>12,0</b>	<b>6,0</b>	<b>3,0</b>	<b>0</b>
Valeur du code correspondant à la composante rouge R	<b>30</b>	<b>80</b>	<b>128</b>	<b>163</b>	<b>206</b>
Valeur du code correspondant à la composante verte V	<b>180</b>	<b>191</b>	<b>198</b>	<b>201</b>	<b>206</b>
Valeur du code correspondant à la composante bleue B	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>206</b>	<b>205</b>	<b>206</b>

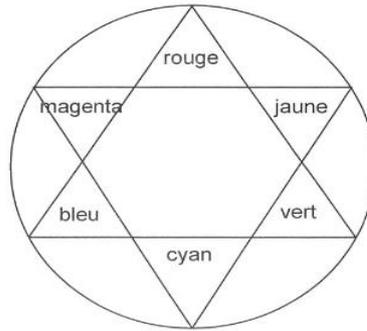
#### Données :

- Loi de Beer Lambert :

Pour une longueur d'onde donnée, la relation entre l'absorbance  $A$  d'une solution colorée et la concentration  $C$  massique de l'espèce colorée dans la solution absorbante s'écrit :

$$A = k.C \quad \text{où } k \text{ est une constante.}$$

- Cercle chromatique :

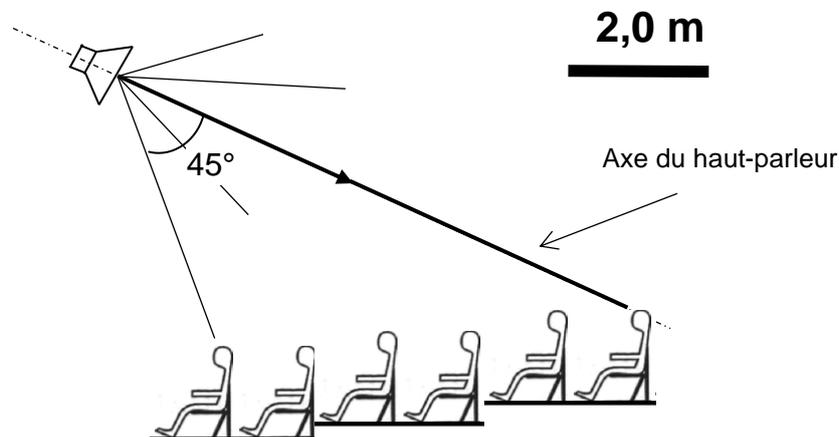


- 3.1. Quelle est la composante RVB la plus absorbée par une solution de sirop de menthe ? Ce résultat était-il prévisible ?
- 3.2. À l'aide de vos connaissances et des informations fournies, déterminer la concentration massique en colorant E133 du sirop de menthe glaciale.

*Toute prise d'initiative et toute démarche, même partielles, seront valorisées.*

<b>EXERCICE III : SONORISATION D'UNE SALLE DE CONCERT (5 points)</b>
--

La régisseuse d'une salle de concert installe un haut-parleur en orientant son axe vers le dernier rang, comme indiqué sur le schéma ci-dessous, avec l'objectif que les spectateurs du dernier rang perçoivent les sons comme ceux du premier rang.



À l'aide de vos connaissances et des documents à disposition, répondre aux questions suivantes :

### Questions préliminaires

1. Pour le haut-parleur utilisé, montrer que les sons les plus graves sont émis de façon omnidirectionnelle.
2. Le haut-parleur utilisé est directif pour les sons aigus. Que signifie le terme « directif » ?

### Problème

On fait l'hypothèse que la dissipation de l'énergie sonore dans l'atmosphère est négligeable.

L'orientation du haut-parleur permet-elle aux spectateurs du dernier rang de percevoir le même niveau sonore que ceux du premier rang pour les sons graves comme les sons aigus ? Commenter le résultat.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives.*

*L'analyse des données, la démarche suivie ainsi que le regard critique porté sur cette démarche sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.*

### Données :

L'intensité sonore  $I$  (en  $\text{W.m}^{-2}$ ) est inversement proportionnelle au carré de la distance  $d$  (en m) à la source :  $I = \frac{K}{d^2}$  où  $K$  est une constante.

Le niveau d'intensité sonore est donné par la relation :  $L = 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{I}{I_0}\right)$   
 Intensité acoustique de référence :  $I_0 = 1,00 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

### Documents à disposition :

#### Décret relatif aux établissements recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée

En aucun endroit, accessible au public, de ces établissements, le niveau d'intensité sonore ne doit dépasser 105 dB en niveau moyen et 120 dB en niveau de crête.

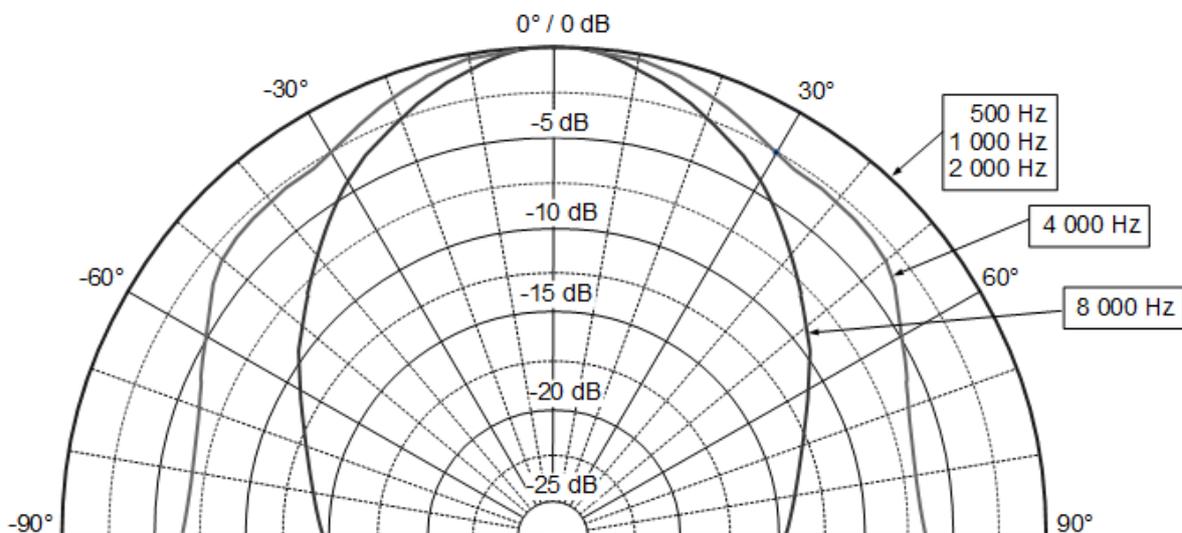
#### Perception d'une différence de niveau d'intensité sonore

Une différence de 1 dB est perçue en laboratoire, mais dans la vie courante la différence doit être de l'ordre de 5 dB pour être réellement perçue.

#### Diagramme de directivité du haut-parleur utilisé

Le diagramme de directivité représente l'atténuation du niveau d'intensité sonore reçu en fonction de la direction par rapport à une direction de référence, pour différentes fréquences.

L'axe du haut-parleur  $\theta = 0^\circ$  étant pris comme direction de référence, l'atténuation du niveau sonore dans cette direction est nulle (0 dB).



Exemple d'utilisation du diagramme de directivité :

Pour une fréquence de 4000 Hz et un angle  $\theta = 30^\circ$ , une valeur négative du niveau d'intensité sonore (-2,5 dB) traduit un niveau d'intensité sonore du son reçu dans une direction faisant un angle de  $30^\circ$  avec l'axe du haut-parleur, inférieur de 2,5 dB à celui du son reçu à la même distance dans l'axe du haut-parleur.

#### Source omnidirectionnelle

Une source sonore est dite omnidirectionnelle si elle émet les sons de la même manière dans toutes les directions.