

**Calculatrice en mode examen autorisée ou calculatrice collègue**

Prénom et Nom : ..... Note : sur ...../20

La feuille d'énoncé doit être rendue à la fin et vous devez émarginer au bureau du professeur.

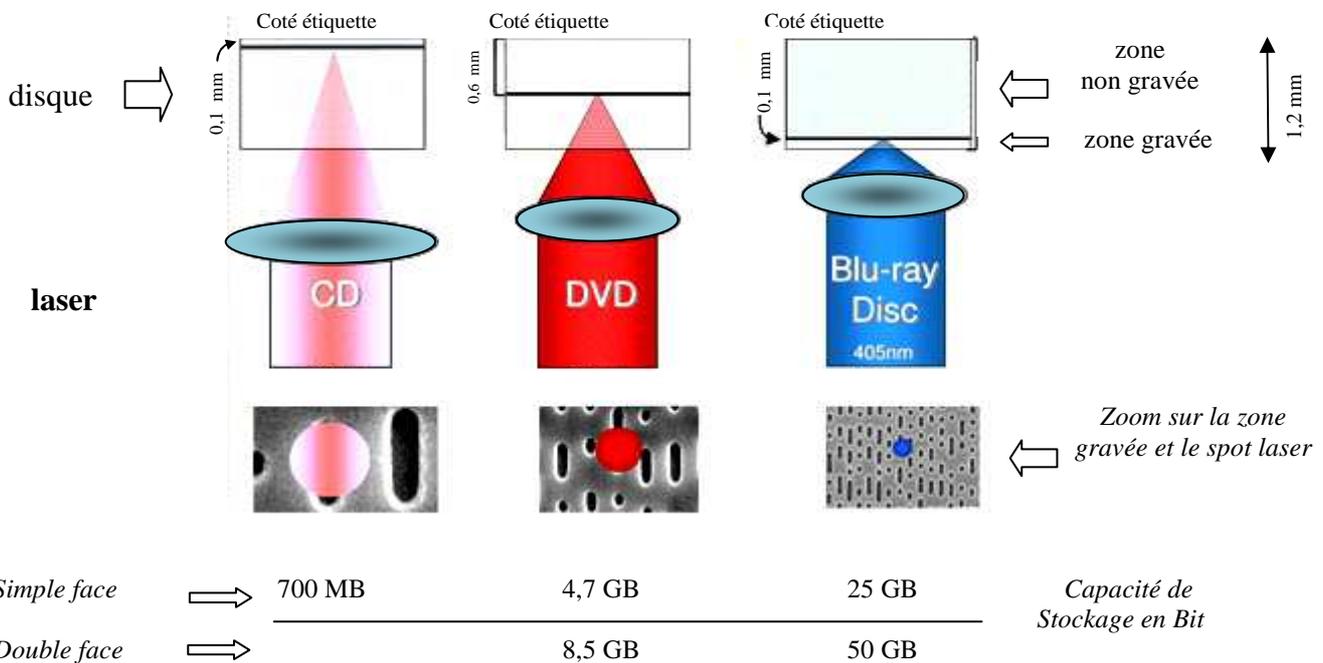
**Exercice 1 (37 minutes) : 10 pts Le laser et ses applications**

Saviez-vous que si vous regardez des DVD, naviguez sur le web, scannez les codes barre et si certains peuvent se passer de leurs lunettes, c'est grâce à l'invention du laser, il y a 50 ans !

Intéressons-nous aux lecteurs CD et DVD qui ont été présents dans les années 2010. Un lecteur blue-ray utilise une diode laser fonctionnant à une longueur d'onde  $\lambda_B = 405 \text{ nm}$  dans le vide, il s'agit d'une couleur bleue (en fait violacée) pour lire et écrire les données. Les CD et les DVD conventionnels utilisent respectivement des lasers infrarouges et rouges. Les disques Blue-ray fonctionnent d'une manière similaire à celle des CD et des DVD.

Le laser d'un lecteur blue-ray émet une lumière de longueur d'onde différente de celles des systèmes CD ou DVD, ce qui permet de stocker plus de données sur un disque de même taille (12 cm de diamètre), la taille minimale du point sur lequel le laser grave l'information étant limitée par la diffraction.

Pour stocker davantage d'informations sur un disque, les scientifiques travaillent sur la mise au point d'un laser ultra violet.



**Figure 1 : caractéristiques des disques CD, DVD et Blue-ray.**

**Donnée :** On prendra ici pour la célérité de la lumière dans le vide et dans l'air :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

**1°) A propos du texte**

- 1.1. Quel est le nom du phénomène physique responsable de l'irisation d'un CD ou d'un DVD éclairé en lumière blanche ?
- 1.2. Calculer la valeur de la fréquence  $\nu$  de la radiation utilisée dans la technologie blue-ray (formule littérale obligatoire).
- 1.3. Comparer la longueur d'onde du laser blue-ray à celle des systèmes CD ou DVD (justifier).

1.1) sav	...../0,5
1.2) réal	...../1
1.3) ana, com	...../0,5
2.1.1) sav, réal, ana	...../0,5
2.1.2) sav	...../0,5
2.1.3) réal, ana, com	...../0,5
2.2) ana, réal, com	...../2,5
3.1) sav, réal	...../2
3.2) réal	...../2

## 2°) Diffraction avec un laser :

On veut retrouver expérimentalement la longueur d'onde  $\lambda_D$  de la radiation monochromatique d'un lecteur DVD.

On utilise pour cela le montage de la **figure 2** :  $a$  étant le diamètre du fil,  $\theta$  le demi-écart angulaire.

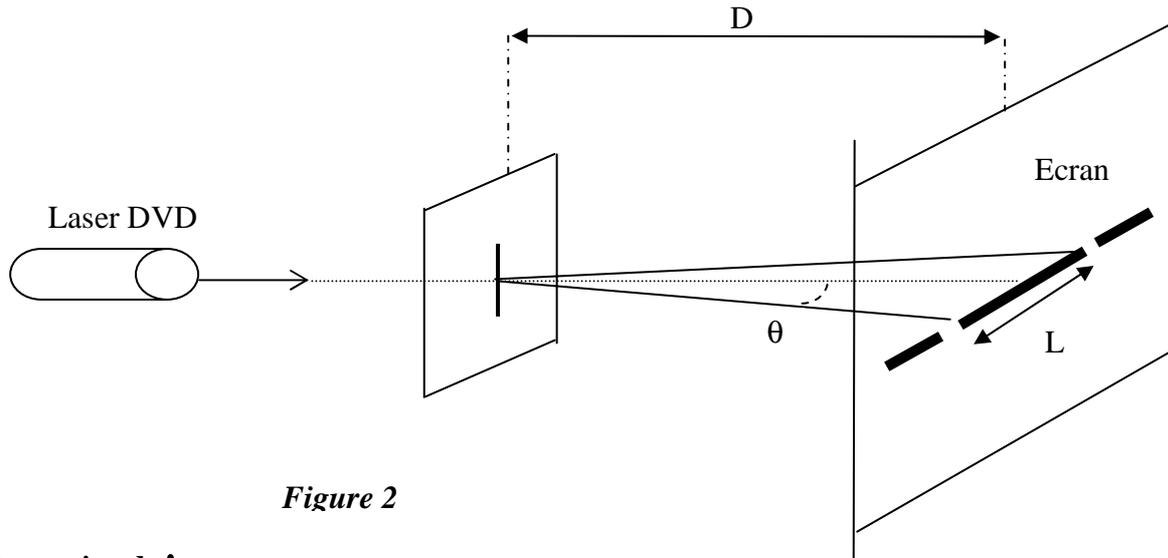


Figure 2

### 2.1°) Expression de $\lambda$

2.1.1. Etablir la relation entre  $\theta$ ,  $L$  (largeur de la tache centrale de diffraction) et  $D$  (distance entre le fil et l'écran).  
On supposera  $\theta$  suffisamment petit pour considérer  $\tan \theta \approx \theta$  avec  $\theta$  en radian.

2.1.2. Donner la relation entre  $\theta$ ,  $\lambda_D$  et  $a$  en indiquant l'unité de chaque grandeur.

2.1.3. En déduire la relation :  $\lambda_D = \frac{L \times a}{2 \times D}$  (démonstration obligatoire).

### 2.2°) Détermination de la longueur d'onde $\lambda_D$ de la radiation d'un laser de lecteur DVD

Pour la figure de diffraction obtenue avec un laser « DVD », on mesure  $L = 4,8$  cm.

On remplace alors le laser « DVD » par le laser utilisé dans le lecteur blue-ray sans modifier le reste du montage, on obtient une tache de diffraction de largeur  $L' = 3,0$  cm.

A partir de ces deux expériences, calculer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda_D$  de la radiation monochromatique d'un lecteur DVD et la comparer au résultat de la question 1.3 (formule littérale et calcul détaillé obligatoire).

## 3°) Utilisation d'un laser : interférence et détermination de la taille d'un pixel d'un écran de Smartphone :

On considère maintenant l'écran d'un Smartphone. Il est constitué d'un quadrillage de pixels très petits, que l'on peut considérer comme autant de carrés réfléchissants accolés.

On réalise le dispositif expérimental schématisé sur la **figure 3** et on observe la figure obtenue sur l'écran quadrillé lorsqu'on envoie un faisceau laser sur l'écran du Smartphone. La figure obtenue est reproduite figure 4.

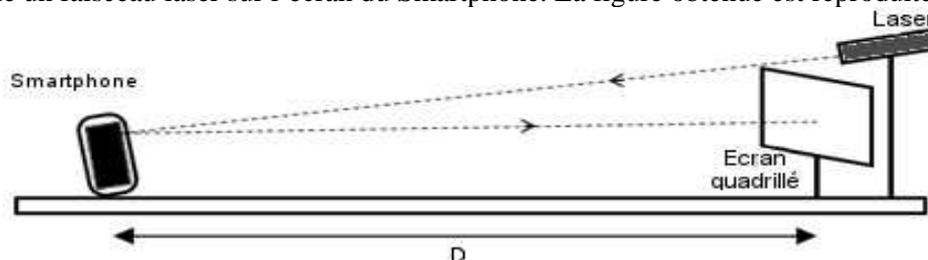


Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental

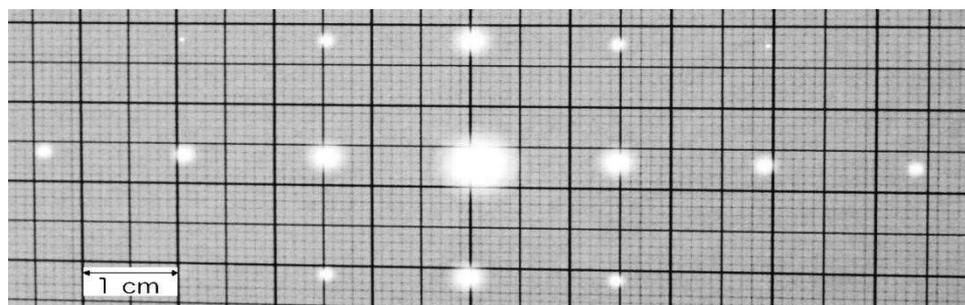


Figure 4 : Figure obtenue sur l'écran quadrillé lors de l'expérience

**Données :**  $D = 1,74 \text{ m}$  : distance entre l'écran du Smartphone et l'écran quadrillé ;  
 $\lambda = 632,8 \text{ nm}$  : longueur d'onde de la lumière laser utilisée.

Cette figure permet de déterminer la largeur d'un pixel. En effet, on peut relier la distance  $i$  entre deux points lumineux présents sur l'écran quadrillé à la distance  $b$  séparant les centres de deux pixels accolés de l'écran du Smartphone (donc à la largeur du pixel). Il s'agit en effet d'un phénomène d'interférence.

3.1) Rappeler le phénomène d'interférence et écrire la formule liant  $i$ ,  $b$  et  $\lambda$ , en déduire la valeur de  $i$  à l'aide de la fig 4. (Calcul détaillé et justification obligatoire)

3.2) En déduire que la valeur de la largeur d'un pixel est proche de  $75 \mu\text{m}$  (calcul détaillé obligatoire).

**Exercice 2 (38 minutes) : 10 pts Casque à réduction de bruits**

En 2020 les jeunes de 12 à 25 ans passent en moyenne 1h 38 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.

<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 Active QuietPoint®</b>	<b>Aux alentours de 20 dB</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.

**Caractéristiques techniques\***

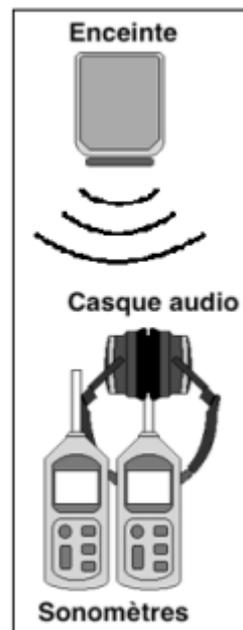
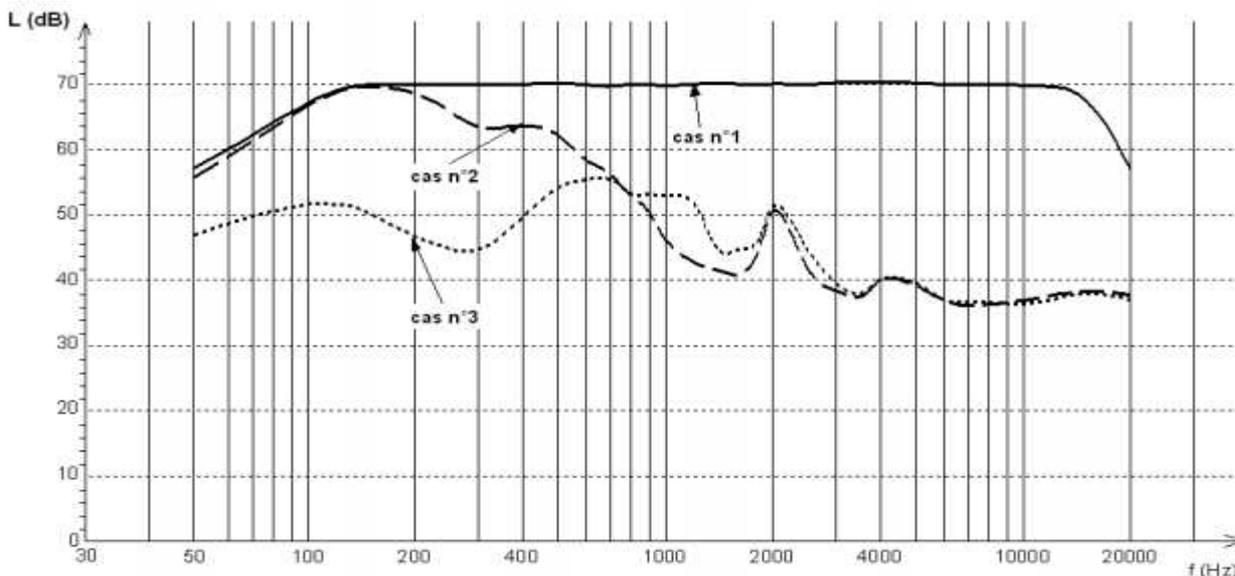
Un interrupteur disposé sur l'oreillette gauche permet d'allumer ou d'éteindre le dispositif actif.

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



- 1.1°) Identifier approximativement les domaines de fréquence pour lesquels :
- seules les oreillettes sont efficaces pour la réduction de bruit ambiant ;
  - seul le dispositif actif du casque est efficace pour la réduction du bruit ambiant ;
  - les deux dispositifs participent à la réduction du bruit ambiant.

(Justifier vos réponses).

- 1.2°) Calculer l'atténuation par absorption avec le dispositif actif du casque en marche pour une fréquence de 200 Hz puis commenter (Formule littérale obligatoire).

## 2. Simulation du dispositif actif

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

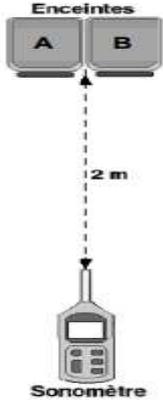
Le dispositif expérimental représenté ci-contre est mis en place.

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 (décalage temporel des entre les deux 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 totale  $L$  face aux deux enceintes à une distance de deux mètres.



Les résultats de trois expériences sont regroupés dans le document 2 ci-après.

### Document 2. 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 (ondes sonores qui ont leur amplitude max ou min à la même date)	en opposition de phase (quand une onde sonore est à son max d'amplitude l'autre est à son min).
$L$ (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%.

- 2.1. Les intervalles de confiance associés aux mesures des niveaux d'intensité sonores  $L$  lors des expériences 1, 2 et 3 permettent-ils de conclure que les valeurs mesurées sont significativement différentes ? Justifier.
- 2.2. On note  $I$  l'intensité sonore associée au niveau d'intensité sonore totale  $L$ . 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 et l'utilisation d'une formule littérale
- 2.3. Calculer l'intensité sonore émise par une enceinte seule pour le sonomètre placé à 2,0 m, en déduire la puissance sonore correspondante (formules littérales et calculs détaillés obligatoires).
- Données :  $I_0$ (intensité sonore de référence) =  $1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \times \text{m}^{-2}$  Surface d'une sphère =  $4\pi \times R^2$
- Comme les ondes électromagnétiques, les ondes sonores peuvent donner lieu aux phénomènes de réflexion, réfraction, diffraction, interférences, etc.
- 2.4 Par comparaison avec les propriétés des ondes électromagnétiques monochromatiques, indiquer quel phénomène physique est responsable de la variation du niveau d'intensité sonore observée d'une expérience à l'autre dans le document 2. On apportera les conditions nécessaires permettant de justifier l'évolution du niveau d'intensité sonore en rapport avec le phénomène cité précédemment.
- 2.5. Quelle expérience modélise le dispositif actif de réduction de bruit ? Justifier votre réponse.

1.1) ana, com	...../1,5
1.2) réal	...../1,5
2.1) ana, com	...../1
2.2) sav, réal, ana	...../1,5
2.3) sav, réal	...../2
2.4) ana, sav, com	...../1,5
2.5) ana, com	...../1