Devoir surveillé – ondes et signaux : son, lumière, spectres, lentilles et capteurs — niveau ★★

Durée : 55 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Physique-chimie 2nde

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – Les tours de délai d'un concert *(5 pts)*

Lors d'un concert en plein air, un écran géant est installé à côté de la scène. Léo se trouve à 137,2 m de la scène. Entre la scène et lui, sur la même ligne, une « tour de délai » porte des enceintes à 68,6 m de la scène : elle reçoit le signal électrique de la table de mixage, qui lui parvient pratiquement instantanément. Données : vitesse du son dans l'air 343 m/s ; $c = 3{,}00 \times 10^8$ m/s ; on admet que l'oreille entend deux sons séparés s'ils arrivent à plus de 0,1 s d'intervalle.

a) Calcule la durée mise par le son de la scène pour atteindre Léo, puis celle mise par la lumière de l'écran géant. Qu'observe Léo en regardant le chanteur sur l'écran ?

b) Si la tour diffusait le son sans retard, à quels instants Léo entendrait-il le son de la tour et celui de la scène, comptés depuis l'émission sur scène ? Qu'entendrait-il ?

c) Quel retard faut-il appliquer au signal de la tour pour que les deux sons arrivent ensemble chez Léo ? Montre que ce retard convient aussi pour tous les spectateurs placés derrière la tour sur la même ligne.

d) Sans la tour, Léo perçoit la scène à 80 dB ; avec la tour, il perçoit 89 dB. Par combien l'intensité sonore reçue est-elle multipliée ? Pourquoi n'a-t-on pas plutôt augmenté de 9 dB le son de la scène, alors que le premier rang reçoit déjà 98 dB ?

Exercice 2 – Le spectroscope du laboratoire *(5 pts)*

Un spectroscope de laboratoire comporte une fente fine éclairée par une lampe, une lentille mince convergente et un prisme en verre crown. Sans le prisme, la fente, placée 15,0 cm avant la lentille, donne une image nette sur un écran situé 30,0 cm après la lentille. On admet que le prisme, placé ensuite juste après la lentille, dévie la lumière sans changer la largeur de cette image. Indices du verre crown : 1,514 pour le rouge (656 nm) et 1,530 pour le violet (405 nm) ; indice de l'air 1,00.

a) Calcule le grandissement de l'image de la fente et donne ses caractéristiques. La fente a une largeur de 0,40 mm : quelle est la largeur de son image ?

b) Montre que la distance focale de la lentille vaut 10,0 cm.

c) Un rayon de lumière blanche arrive sur la face d'entrée du prisme avec un angle d'incidence de $55{,}0^\circ$. Calcule l'angle de réfraction de la radiation rouge, puis celui de la radiation violette. Laquelle est la plus déviée ?

d) On éclaire la fente avec une lampe au mercure, dont le spectre contient deux raies jaunes, 577,0 nm et 579,1 nm. Sur l'écran, chaque raie est une image de la fente, et les centres de ces deux images sont à 0,044 mm l'un de l'autre. Avec une fente de 0,015 mm, puis de 0,030 mm de large, voit-on deux raies jaunes ou une seule ? Justifie.

Exercice 3 — Une barrière lumineuse qui sonne *(5 pts)*

À l'entrée d'une boutique, un laser de 650 nm traverse la porte, large de 2,40 m, et éclaire une photorésistance (LDR). La LDR est montée en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 10{,}0\ k\Omega$, sous $U_0 = 5{,}00\ V$ fournie par une carte à microcontrôleur ; la carte mesure la tension U_R aux bornes de R. Résistance de la LDR : 2,5 kΩ quand le faisceau l'éclaire, 90 kΩ quand un client coupe le faisceau. Donnée : $c = 3{,}00 \times 10^8\ m/s$.

a) Donne la couleur et le domaine de la radiation du laser. Calcule la durée mise par la lumière pour traverser la porte : la coupure du faisceau est-elle détectée sans retard notable ?

b) Montre, à l'aide de la loi des mailles et de la loi d'Ohm, que $U_R = U_0 \times R \div (R + R_{LDR})$.

c) Calcule U_R quand le faisceau éclaire la LDR, puis quand il est coupé. Le programme déclenche un buzzer si $U_R < 2{,}50\ V$: vérifie qu'il sonne au passage d'un client, et donne la résistance de la LDR qui correspond au seuil.

d) Le buzzer joue tone(6, 2000). Calcule la période du son. Visualisé à l'oscilloscope avec un balayage de 0,1 ms/div, combien de divisions une période occupe-t-elle ?

Exercice 4 — La caméra qui lit les plaques *(5 pts)*

Une caméra d'un parking lit les plaques d'immatriculation, larges de 52,0 cm. Son objectif est assimilé à une lentille mince convergente de distance focale $f' = 8{,}0\ mm$; son capteur, large de 4,8 mm, compte 1 920 pixels sur sa largeur (un pixel mesure donc 2,5 µm). Pour lire une plaque, le logiciel a besoin que son image couvre au moins 130 pixels.

a) Une plaque est à 10,0 m de l'objectif. Justifie que son image se forme pratiquement dans le plan focal image, puis calcule la largeur de cette image. Est-elle droite ou renversée ?

b) Combien de pixels l'image de la plaque couvre-t-elle ? Jusqu'à quelle distance de la caméra le logiciel peut-il lire une plaque ?

c) Le capteur est fixé une fois pour toutes dans le plan focal image. À l'aide de la relation $OA' = (1 + |\gamma|) \times f'$, calcule de combien l'image nette se trouve après le capteur pour une plaque à 10,0 m, puis à 2,0 m. L'image reste assez nette si cet écart ne dépasse pas 0,040 mm : la caméra a-t-elle besoin d'une mise au point entre 2,0 m et l'infini ?

d) Un piéton regarde la même plaque à 10,0 m. Dans le modèle de l'œil réduit, la rétine est à 17 mm du cristallin. Calcule la largeur de l'image de la plaque sur sa rétine et explique pourquoi elle est plus grande que sur le capteur de la caméra.

Bon courage !

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).