Correction du DST

Exercice 1 Le LASER au quotidien (8 points)

I- A propos du texte :

1/ Il s'agit de la diffraction de la lumière blanche sur les petits orifices de la zone gravée. Ces orifices sont tellement petits qu'ils sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière visible ($a \sim \lambda$), d'où une diffraction bien visible.

2/ $\lambda_B = \frac{c}{\nu_B}$ donc $\nu_B = \frac{c}{\lambda_B}$
Application numérique : $\nu_B = \frac{3{,}00\times10^8}{405.10^{-9}} = 7,41.10^{14}$ Hz

3/ $\lambda_B < \lambda_D < \lambda_{CD}$: en passant de l'infrarouge (λ_{CD} pour le CD), au rouge (λ_D pour le DVD) et finalement au bleu (λ_B pour le Blu-ray), la longueur d'onde diminue.

II- Diffraction :

4/ Dans le triangle rectangle contenant l'angle θ : $\tan\theta = \frac{\frac{L}{2}}{D}$
L'angle θ étant petit, et exprimé en radians : $\tan\theta \simeq \theta$ d'où $\theta \simeq \frac{L}{2D}$
5/ En exprimant θ en radians (rad), λ_D en mètres (m) et a en mètres (m) : $\theta = \frac{\lambda_D}{a}$

6/ En regroupant les deux formules précédentes : $\frac{L}{2D} = \frac{\lambda_D}{a}$ d'où $\lambda_D = \frac{La}{2D}$

7/ Utilisons la relation précédente : $\lambda_D = \frac{La}{2D}$ et $\lambda_B = \frac{L'a}{2D}$
Isolons les termes constants : diamètre a du fil, distance fil-écran D : $\frac{\lambda_D}{L} = \frac{a}{2D}$ et $\frac{\lambda_B}{L'} = \frac{a}{2D}$
L'égalité entre les deux équations nous offre la possibilité d'exprimer λ_D en fonction des données à notre disposition : $\frac{\lambda_D}{L} = \frac{\lambda_B}{L'}$ et $\lambda_D = \lambda_B \frac{L}{L'}$
Pour l'application numérique, on peut laisser la longueur d'onde du Blu-ray en nanomètres, et les largeurs des taches centrales de diffraction en centimètre (puisqu'il s'agit de calculer un rapport de longueur) : $\lambda_D = 405 \times \frac{4{,}8}{3{,}0} = 648$ nm
Le respect des chiffres significatifs impose d'exprimer le résultat avec seulement deux chiffres significatifs (on rappelle λ_B pour comparer) : $\lambda_D = 0,65$ μm et $\lambda_B = 0,405$ μm
On vérifie bien que le laser utilisé pour les DVD est dans le rouge. Par rapport à la question **1.3**, on vérifie bien que la longueur d'onde utilisée pour le DVD est supérieure à celle utilisée pour le Blu-ray.

III- Dispersion :

8/ $n = \frac{c}{v}$

9/ La fréquence ν (et donc la période T) ne sont pas modifiées lorsque la lumière change de milieu. En revanche, la célérité v et la longueur d'onde λ dépendent du milieu.

10/

10.1/ Formons le rapport des longueurs d'onde λ dans le vide et λ_C dans le polycarbonate, en éliminant la fréquence ν pour retrouver la formule de l'indice n : $\lambda = \frac{c}{\nu}$ et $\lambda_C = \frac{v}{\nu}$ donc $\frac{\lambda}{\lambda_C} = \frac{c}{v} = n$ donc $\lambda_C = \frac{\lambda}{n}$
10.2/ Pour l'application numérique, on peut laisser les longueurs d'ondes en nanomètres (nm) : $\lambda_C = \frac{780}{1{,}55} = 503$ nm

Exercice 2 L'acoustique des théâtres antiques (12 points)

I- Généralités :

1/ Une onde mécanique est une perturbation d'un milieu matériel élastique. Une onde progressive est une perturbation qui se déplace dans le milieu, elle progresse.

2/ Les ondes sonores se déplacent dans toutes les directions de l'espace, donc trois dimensions.

II- Utilisation d'un émetteur ultrasonore :

3/ La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points en phase (les autres définitions sont moins générales).

4/ $\lambda = v/f$.

5/ La fréquence f des ondes intervient au dénominateur de la formule précédente ; puisque les fréquences des ultrasons sont supérieures à celles d'un son audible, les longueurs d'onde λ des ultrasons seront plus faibles que celles d'un son audible.

6/ En plus d'être inaudibles, et donc plus agréables à manipuler, les ultrasons permettent de réduire la taille de la maquette d'un facteur identique aux rapports des longueurs d'onde du son sur celle des ultrasons. On travaille par simultanéité, sur une maquette entièrement à l'échelle, y inclus les ondes utilisées.

7/ Un milieu dispersif est un milieu dans lequel la célérité des ondes dépend de leur fréquence. L'air est un milieu non dispersif : la célérité des sons et des ultrasons, de fréquences différentes, est constante.

III- Influence du plafond :

8/ Retard τ pour un distance D et une célérité v : $v = \frac{D}{\tau}$ donc $\tau = \frac{D}{v}$
Application numérique (simple !) : $v = 2{,}0$ ms

9/ Dans l'expérience 1, l'écho est fort et persistant. Dans l'expérience 2, l'écho est plus faible, et quasiment nul dans l'expérience 3.

10/ La situation la plus intéressante du point de vue de l'acoustique est la situation 3 : l'écho est minime, les voix seront bien plus compréhensibles par l'ensemble des spectateurs. Le défaut de cette situation est l'absence de toit pour l'éventuelle salle de concert. Les conditions climatiques peuvent donc imposer la situation 2, qui est un pis-aller.

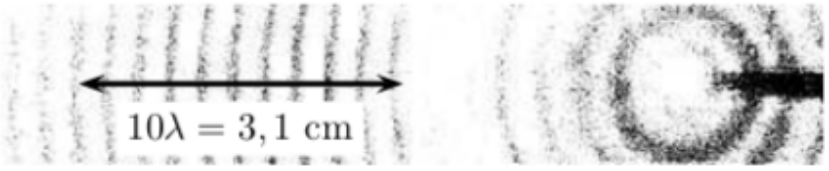
11/ Le plafond des salles de concert est recouvert de dalles alvéolées formées d'un matériau absorbant afin d'amortir et d'absorber le maximum d'ondes sonores, et ainsi d'éviter les échos au maximum. La cantine du lycée est un bon exemple d'un tel aménagement.

IV- Rôle du mur : simulation à l'aide d'une cuve à ondes :

12/ Les ondes créées par le vibreur sont transversales ; en effet, dans le texte il est indiqué que la pointe du vibreur frappe la surface de l'eau verticalement, les ondes de gravité formées se propageant horizontalement, à deux dimensions, à la surface de l'eau.

13/ On constate sur l'image de l'expérience 1 que les ondes sont peu visibles, car très atténuées : la réflexion ou écho sur le mur plan créée une onde réfléchie qui se superpose à l'onde incidente, en l'annulant partiellement. Cette situation est très défavorable à une écoute dans de bonnes conditions : le mur plan est très gênant.
A contrario sur l'image de l'expérience 2, les ondes sont bien visibles, le mur alvéolé améliore l'écoute.

14/ On mesure la longueur entre onze crêtes, donc dix longueurs d'ondes (plus simple à calculer que tout autre nombre, et suffisamment précis) :



Il faut de plus tenir compte de l'échelle du document, pour lequel 2 cm mesurés correspondent en fait à 10 cm :

$$10\lambda = 3,1 \times \frac{10}{2} = 15,5 \text{ cm}$$

$$\lambda = 1,55 \text{ cm}$$

15/ Le pulpitum est alvéolé côté orchestre pour minimiser les échos, et plan côté scène, bordée quant à elle par un mur alvéolé (les niches et les colonnes, qui n'ont pas qu'un rôle décoratif). Cette configuration élimine idéalement l'écho en direction des spectateurs, tout en permettant aux artistes d'entendre correctement l'orchestre.

16/ On a AB = $2d$. D'où l'expression du retard Δt de l'écho sur l'onde incidente : $v = \frac{\text{AB}}{\Delta t}$ donc $\Delta t = \frac{\text{AB}}{v} = \frac{2d}{v}$

17/ Afin que les consonnes soient compréhensibles, il est nécessaire que le retard de l'écho ne dépasse pas 1/25e de seconde :

$$\Delta t_{\text{max}} = \frac{1}{25} \text{ s}$$

On en déduit la profondeur maximale de la scène : $\Delta t_{\text{max}} = \frac{2d_{\text{max}}}{v}$ donc $d_{\text{max}} = \frac{\Delta t_{\text{max}} v}{2}$

Application numérique :

$$d_{\text{max}} = \frac{\frac{1}{25} \times 350}{2} = \frac{350}{50} = 7,0 \text{ m}$$

Fin