Corrigé et barème – ondes et signaux : son, lumière, spectres, lentilles et capteurs — niveau ★★★

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

Exercice 1 – Corriger une copie *(5 pts)*

a) Entre un maximum et le minimum suivant, il n'y a qu'une **demi-période** : $T = 2 \times 2{,}5 = 5{,}0$ ms et $f = 1 \div 0{,}0050 = \mathbf{200\ Hz}$ (1 pt). Une octave plus haut, la fréquence double et la période est **divisée** par 2 : 2,5 ms, et non 5,0 ms. (0,5 pt) (1,25)

b) La loi de Snell-Descartes porte sur les **sinus** : $\sin i_2 = 1{,}33 \times \sin 40{,}0^\circ \div 1{,}52 \approx 0{,}562$, d'où $\mathbf{i_2 \approx 34{,}2^\circ}$ (le sens est juste : le verre, plus réfringent, rapproche le rayon de la normale). (1 pt) (1,25)

c) γ se calcule en mesures algébriques : $\overline{OA} = -12{,}0$ cm, donc $\gamma = 24{,}0 \div (-12{,}0) = \mathbf{-2{,}0}$ (0,5 pt) : l'image est **renversée** (comme toute image réelle d'un objet réel) et deux fois plus grande (0,5 pt). Sa vérification n'utilise que $|\gamma|$: elle contrôle la taille, pas le sens. (0,5 pt) (1,25)

d) Avec I en mA, a est en V/mA : $a = 0{,}47$ V/mA $= 0{,}47$ V $\div 0{,}001$ A $= \mathbf{470\ \Omega}$ (0,5 pt). $b \approx 0{,}001$ V est négligeable : la droite passe par l'origine, le dipôle est bien ohmique ; il fallait convertir I en ampères ou a en Ω. (0,5 pt) (1,25)

Méthode — pour corriger, je cite la règle exacte du cours (période entre deux points identiques, sinus, mesures algébriques, unités SI), puis je refais le calcul juste.

Exercice 2 – Problème — les franges colorées d'une lentille *(5 pts)*

a) Une lentille dévie la lumière par deux réfractions, comme un prisme (0,5 pt). L'indice est plus grand pour le violet : chaque réfraction le dévie davantage, les rayons violets convergent **plus près** de la lentille, d'où $f'_V < f'_R$. (0,5 pt) (1,25)

b) Objet très éloigné : images dans les plans focaux, rouge à 20,0 cm, violette à **19,4 cm**, 6 mm plus près (0,5 pt). Au foyer du rouge, les rayons violets se sont déjà croisés et divergent : ils forment une petite tache autour de l'image rouge nette, d'où un bord violet. (0,5 pt) (1,25)

c) Image réelle : $\overline{OA'} > 0$, donc $|\gamma| = OA' \div d$ (0,5 pt). Alors $OA' = f' + OA' \times f' \div d$, soit $OA' \times (1 - f' \div d) = f'$ (0,5 pt), et en multipliant par d : $OA' \times (d - f') = f' \times d$, d'où $\mathbf{OA' = f' \times d \div (d - f')}$. (0,5 pt) (1,25)

d) Rouge : $OA' = 20{,}0 \times 60{,}0 \div 40{,}0 = \mathbf{30{,}0\ cm}$; violet : $OA' = 19{,}4 \times 60{,}0 \div 40{,}6 \approx \mathbf{28{,}7\ cm}$ (1 pt). Écart $\approx \mathbf{1{,}3\ cm}$, plus du double des 0,6 cm de l'objet lointain : plus l'objet est proche, plus les images colorées sont écartées. (0,5 pt) (1,25)

Piège — une lentille n'a pas une distance focale unique en lumière blanche : comme dans un prisme, l'indice du verre dépend de la radiation, et le violet est toujours le plus dévié.

Exercice 3 – Problème — un télémètre à ultrasons qui corrige la température *(5 pts)*

a) $T = 1 \div 40\,000 = \mathbf{2{,}5 \times 10^{-5}\ s} = 25$ µs ; salve : $8 \times 25 = \mathbf{200\ \mu s}$ (0,5 pt). 40 kHz > 20 kHz : ultrasons inaudibles, le télémètre ne gêne personne. (0,5 pt) (1,25)

b) Même intensité : $I = U_R \div R$; loi des mailles : $U_{CTN} = U_0 - U_R$; d'où $R_{CTN} = R \times (U_0 - U_R) \div U_R$ (0,5 pt) $= 10{,}0 \times 3{,}75 \div 1{,}25 = \mathbf{30{,}0\ k\Omega}$ (0,5 pt). Entre 33,6 kΩ (0 °C) et 25,9 kΩ (5 °C) : $\theta \approx 5 \times (33{,}6 - 30{,}0) \div (33{,}6 - 25{,}9) \approx \mathbf{2{,}3\ ^\circ C}$. (0,5 pt) (1,25)

c) $v = 331 + 0{,}60 \times 2{,}3 \approx \mathbf{332{,}4\ m/s}$ (0,5 pt). Aller-retour : $d = v \times \Delta t \div 2 = 332{,}4 \times 0{,}006\,04 \div 2 \approx \mathbf{1{,}00\ m}$ (0,5 pt). Écart relatif : $(1{,}027 - 1{,}004) \div 1{,}004 \approx 340 \div 332{,}4 - 1 \approx \mathbf{2{,}3\ \%}$, entièrement dû à la vitesse supposée. (0,5 pt) (1,25)

d) Ultrasons : $332{,}4 \times 1 \times 10^{-6} \div 2 \approx 1{,}7 \times 10^{-4}$ m, soit **0,17 mm** (0,5 pt). Lumière : $3{,}00 \times 10^{8} \times 1 \times 10^{-6} \div 2 = \mathbf{150\ m}$: la lumière va près d'un million de fois plus vite, une telle horloge ne mesure pas une distance de 1 m (l'aller-retour ne dure que 6,7 ns) ; un télémètre laser exige une chronométrie bien plus fine. (0,5 pt) (1,25)

Erreur fréquente — oublier l'aller-retour : la durée d'un écho correspond à la distance 2d ; et une vitesse du son « par défaut » de 340 m/s fausse de quelques pour cent toute mesure faite dans un air froid ou chaud.

Exercice 4 – Problème — voir sous l'eau *(5 pts)*

a) Depuis l'air : $\sin r = \sin 30{,}0^\circ \div 1{,}376 \approx 0{,}363$, $\mathbf{r \approx 21{,}3^\circ}$, déviation $30{,}0 - 21{,}3 \approx \mathbf{8{,}7^\circ}$ (0,5 pt). Depuis l'eau : $\sin r = 1{,}33 \times \sin 30{,}0^\circ \div 1{,}376 \approx 0{,}483$, $\mathbf{r \approx 28{,}9^\circ}$, déviation $\approx \mathbf{1{,}1^\circ}$ (0,5 pt) : environ 8 fois moins, car les indices de l'eau et de la cornée sont très proches. (0,5 pt) (1,25)

b) Sous l'eau, la cornée ne dévie presque plus la lumière : l'œil perd une grande partie de sa convergence, sa distance focale devient bien plus grande que la distance cristallin–rétine, qui est fixe (0,5 pt). Les rayons d'un objet éloigné convergent **derrière la rétine** : l'image sur la rétine est floue (0,5 pt). L'accommodation bombe le cristallin et augmente la convergence, mais de façon limitée : elle ne compense pas la perte de presque toute la convergence de la cornée, qui assurait environ les deux tiers de celle de l'œil. (0,5 pt) (1,25)

c) La lumière traverse la vitre plane du masque puis la couche d'air : elle arrive sur la cornée depuis l'air, comme hors de l'eau ; la cornée retrouve sa forte déviation et l'œil sa convergence normale. (0,5 pt) (1,25)

d) Spectre **continu**, mais presque privé de sa partie rouge, remplacée par une zone sombre (0,5 pt). Cette lumière n'est plus blanche : c'est une lumière **colorée** bleu-vert, **polychromatique** car elle contient encore de nombreuses radiations (0,5 pt). La lumière de la lampe ne parcourt que peu d'eau avant d'atteindre le sujet : elle contient encore ses radiations rouges, qui ont été absorbées dans la lumière du Soleil. (0,5 pt) (1,25)

Astuce — une surface ne dévie la lumière que si les indices de part et d'autre sont différents : plus ils sont proches, plus la déviation est faible (indices égaux : aucune déviation).

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).