

**PHYSQ 130 LEC A1/EA1 : Ondes, optique et son**  
**Examen final - consolidé avec PHYS 130 LEC A1-A4**  
**Automne 2009**

Nom \_\_\_\_\_ **RÉPONSES** \_\_\_\_\_

Numéro d'étudiant.e \_\_\_\_\_

**Professeur** Marc de Montigny  
**Horaire** Jeudi, 17 décembre 2009, de 9 h à midi  
**Lieu** Gymnase du Campus Saint-Jean, rangée 1

**Instructions**

- Ce cahier contient 16 pages. Écrivez-y directement vos réponses. La dernière page est vide; vous pouvez la détacher pour faire vos calculs. Le verso des pages peut aussi être utilisé pour vos calculs.
- L'examen vaut 50% de la note finale du cours.
- L'examen contient 42 questions à choix multiple. **Encerclez la lettre** correspondant à votre réponse. Chaque question n'a qu'une seule bonne réponse. Si votre réponse n'est pas énumérée, encerclez la lettre correspondant à la valeur la plus proche. Toutes les questions ont la même valeur.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille 8.5×11, recto verso) que vous aurez complété avec d'autres formules.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs, ainsi que l'espace autour des questions.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Les assistants numériques (en anglais, *PDA*s) et tout autre moyen de communication sont interdits.
- Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

**Constantes physiques**

Accélération gravitationnelle	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$
Constante de Stefan-Boltzmann	$k = 5.67 \times 10^{-8} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^4$
Température en degrés Kelvin	$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ }^\circ\text{K}$
Constante des gaz parfait	$R = 8.31 \text{ J} / (\text{K} \cdot \text{mol})$
Seuil d'audition	$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

**Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à le demander !**

**Question 1.** Une particule est un oscillation harmonique simple le long de l'axe  $x$ , avec une période de 7.7 s et une amplitude de 0.51 m. La position d'équilibre de cette particule est à  $x = 0$ . Au temps  $t = 0$  s, la particule est à  $x = +0.36$  m et se déplace vers les  $x$  négatifs. La composante  $x$  de l'accélération, au temps  $t = 0$  s, est égale à

- (A)  $-0.24 \text{ m/s}^2$
- (B)  $0.24 \text{ m/s}^2$
- (C)  $-0.34 \text{ m/s}^2$
- (D)  $34 \text{ m/s}^2$
- (E)  $0.0 \text{ m/s}^2$

**Question 2.** Si on augmente l'amplitude d'oscillation d'un système masse-ressort, comment la fréquence du système est-elle affectée, si rien d'autre n'est modifié?

- (A) La fréquence augmente.
- (B) La fréquence diminue.
- (C) La fréquence n'est pas modifiée.
- (D) La fréquence dépend du déplacement, et non de l'amplitude.

**Question 3.** Lorsqu'une masse est attachée à un ressort vertical, celui-ci est étiré de 12 cm, une fois rendu à l'équilibre. Si la masse est ensuite déplacée de cette position d'équilibre, quelle est la période des oscillations qui en résultent?

- (A) 2.2 s
- (B) 3.7 s
- (C) 0.69 s
- (D) 9.0 s
- (E) 1.5 s

**Question 4.** En 1995, on a restauré un pendule originalement installé par Foucault au Panthéon de Paris en 1851. Ce pendule consiste en une sphère de 28.0 kg suspendue à un câble léger de 67.0 m. Si l'amplitude d'oscillation est de 5.00 m, quelle est la vitesse maximale de la sphère?

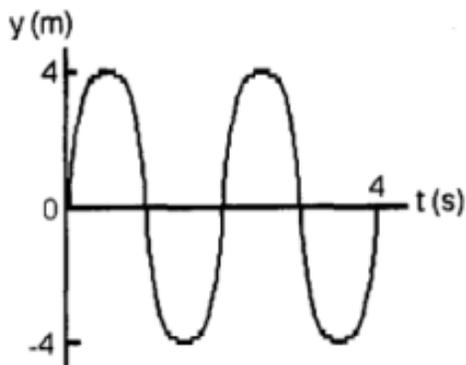
- (A) 3.57 m/s
- (B) 3.65 m/s
- (C) 13.1 m/s
- (D) 4.16 m/s
- (E) 1.91 m/s

**Question 5.** Deux impulsions d'ondes (en anglais, *wave pulses*), d'amplitudes égales et positives, se rencontrent sur une corde. Une impulsion se déplace vers la droite, et l'autre, vers la gauche. Au moment où elles occupent la même région de l'espace,

- (A) il y a de l'interférence constructive
  - (B) il y a de l'interférence destructive
  - (C) une onde stationnaire est générée
  - (D) une onde progressive est générée
  - (E) une impulsion d'onde est générée
- 

**Question 6.** De la figure ci-dessous, on conclut que la longueur d'onde

- (A) vaut 8 m
- (B) vaut 4 m
- (C) vaut 2 m
- (D) vaut 1 m
- (E) ne peut pas être déterminée à partir de cette information



**Figure pour la question 6**

---

**Question 7.** Les longueurs d'onde associées aux harmoniques d'une corde aux extrémités fixes sont telles que la longueur de la corde doit être égale à

- (A) un nombre impair de quarts de longueurs d'onde
- (B) un nombre impair de tiers de longueurs d'onde
- (C) un nombre impair de demi-longueurs d'onde
- (D) un nombre entier de demi-longueurs d'onde
- (E) un nombre entier de longueurs d'onde

**Question 8.** Une corde de longueur 60.0 cm et de masse 8.00 grammes a ses deux extrémités fixes et est soumise à une tension de 200 N. Quelle est sa fréquence fondamentale?

- (A) 38.7 Hz
- (B) 1500 Hz
- (C) 56.7 Hz
- (D) 102 Hz
- (E) 3.75 Hz

---

**Les questions 9 et 10 portent sur la situation suivante : Un tuyau fermé seulement à une extrémité a une longueur de 0.90 m et entre en résonance avec un son de longueur d'onde 0.72 m.**

**Question 9.** Le nombre  $n$  de l'harmonique pour cette longueur d'onde de résonance est

- (A) 2
- (B) 3
- (C) 4
- (D) 5
- (E) 6

**Question 10.** Dans la configuration d'ondes stationnaires de ce tuyau, la distance entre un noeud et un anti-noeud (ou "ventre") adjacent est, en unités SI,

- (A) 0.18
  - (B) 0.22
  - (C) 0.27
  - (D) 0.36
  - (E) 0.45
-

**Question 11.** Deux haut-parleurs,  $S_1$  et  $S_2$ , distants de 5.0 m l'un de l'autre, oscillent en phase au moyen d'un générateur audio. Une personne se trouve au point P, qui est à 12.0 m de  $S_1$  et à 13.0 m de  $S_2$ . Les trois positions,  $S_1$ ,  $S_2$ , et P, forment un triangle-rectangle. L'onde issue de  $S_2$  atteint P 2.00 périodes plus tard que l'onde issue de  $S_1$ . La vitesse du son est 350 m/s. La fréquence de l'oscillateur, en unités SI, est

- (A) 350
- (B) 500
- (C) 700
- (D) 1000
- (E) 1400

**Question 12.** Pour que deux ondes sonores produisent un battement, il est essentiel qu'elles aient

- (A) la même amplitude
- (B) la même fréquence
- (C) le même nombre d'harmoniques
- (D) des amplitudes légèrement différentes
- (E) des fréquences légèrement différentes

---

Les questions 13 à 16 portent sur la situation suivante : Un train s'approche d'une tour à 40 m/s. Le conducteur du train actionne un sifflet à 1000 Hz, et un employé de la tour lui répond avec une sirène de 1200 Hz. L'air est au repos et la vitesse du son est 340 m/s.

**Question 13.** La longueur d'onde du son émis par le sifflet du train, qui atteint l'employé de la tour vaut, en unités SI,

- (A) 0.30
- (B) 0.32
- (C) 0.34
- (D) 0.36
- (E) 0.38

**Question 14.** La fréquence du son émis par le sifflet du train, telle qu'entendue par l'employé de la tour, vaut, en unités SI,

- (A) 1000
- (B)  $300/340 \times 1000$
- (C)  $340/300 \times 1000$
- (D)  $340/380 \times 1000$
- (E)  $380/340 \times 1000$

**Question 15.** La longueur d'onde du son émis par la sirène de la tour, perçue par le conducteur du train, vaut, en unités SI,

- (A) 0.18
- (B) 0.22
- (C) 0.25
- (D) 0.28
- (E) 0.32

**Question 16.** La fréquence du son émis par la sirène de la tour, telle qu'entendue par le conducteur du train, vaut, en unités SI,

- (A) 1200
  - (B)  $300/340 \times 1200$
  - (C)  $340/300 \times 1200$
  - (D)  $340/380 \times 1200$
  - (E)  $380/340 \times 1200$
-

---

La figure ci-dessous est utilisée pour les questions 17 et 18. Elle illustre trois petites surfaces (en anglais, *patches*), qui peuvent être ou non de mêmes grandeurs et qui reposent sur les surfaces de deux sphères imaginaires. Ces deux sphères ont en leur centre commun une source sonore ponctuelle isotrope. Les taux auxquels l'énergie des ondes sonores passe à travers ces trois petites surfaces sont égaux.

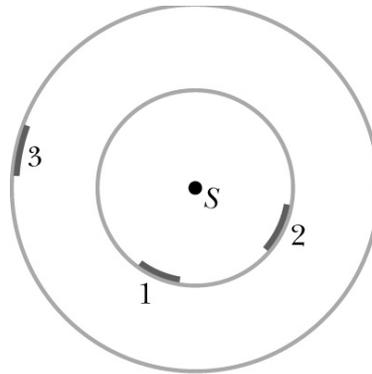


Figure pour les questions 17 et 18

**Question 17.** Les intensités sonores aux petites surfaces sont telles que

- (A)  $I_1 > I_2 > I_3$
- (B)  $I_1 < I_2 < I_3$
- (C)  $I_1 = I_2 = I_3$
- (D)  $I_1 = I_2 < I_3$
- (E)  $I_1 = I_2 > I_3$

**Question 18.** Les aires des petites surfaces sont telles que

- (A)  $A_1 = A_2 = A_3$
- (B)  $A_1 = A_2 < A_3$
- (C)  $A_3 < A_1 < A_2$
- (D)  $A_1 = A_2 > A_3$
- (E) Aucune des réponses ci-dessus

**Question 19.** Une onde électromagnétique a une longueur d'onde égale à 393 nm dans le benzène (indice de réfraction  $n = 1.50$ ). Quand cette onde passe du benzène à l'alcool éthylique (indice de réfraction  $n = 1.36$ ), la longueur d'onde dans l'alcool éthylique est de

- (A) 262 nm
- (B) 356 nm
- (C) 393 nm
- (D) 433 nm
- (E) 590 nm

**Question 20.** Une source ponctuelle de lumière est submergée dans l'eau ( $n_{\text{eau}} = 1.33$ ) à une profondeur de 3.5 m, et elle émet de la lumière dans toutes les directions. Quel est le rayon du plus grand cercle, à la surface de l'eau, au-dessus duquel la lumière émise par la source peut sortir de l'eau?

- (A) 1.1 m
- (B) 2.3 m
- (C) 2.6 m
- (D) 3.1 m
- (E) 4.0 m

**Question 21.** Trois filtres polarisateurs sont empilés (en anglais, *stacked*) de sorte que les axes de polarisation des deuxième et troisième filtres sont à  $25.0^\circ$  et  $60.0^\circ$ , respectivement, de l'axe du premier filtre. Si de la lumière non-polarisée est projetée sur cet ensemble, la lumière a une intensité de  $80.0 \text{ W/cm}^2$  à la sortie. Quelle est l'intensité de la lumière incidente, c.-à-d. l'intensité de la lumière avant qu'elle ne frappe le premier filtre?

- (A)  $145 \text{ W/cm}^2$
- (B)  $216 \text{ W/cm}^2$
- (C)  $290 \text{ W/cm}^2$
- (D)  $390 \text{ W/cm}^2$
- (E)  $779 \text{ W/cm}^2$

**Question 22.** Au cours d'une séance de laboratoire, on place un objet devant un miroir concave et on mesure la distance à l'image,  $s'$ , pour différentes valeurs de la distance à l'objet,  $s$ . À partir de ces données, quel graphique nous permet de déterminer la distance focale,  $f$ , de ce miroir?

- (A) Un graphique de  $1/s'$  en fonction de  $1/s$ ; ordonnée à l'origine =  $1/f$
- (B) Un graphique de  $s'$  en fonction de  $s$ ; ordonnée à l'origine =  $1/f$
- (C) Un graphique de  $1/s'$  en fonction de  $1/s$ ; pente =  $1/f$
- (D) Un graphique de  $s'$  en fonction de  $s$ ; pente =  $1/f$
- (E) Un graphique de  $1/s'$  en fonction de  $1/s$ ; ordonnée à l'origine =  $f$

**Question 23.** Une tige cylindrique de verre ( $n_{\text{verre}} = 1.52$ ) est submergée dans de l'alcool éthylique ( $n_{\text{alcool}} = 1.36$ ). On arrondit une des extrémités pour en former une surface hémisphérique convexe dont le rayon de courbure est  $R = 7.00$  cm. Le grandissement latéral de l'image produite par un petit objet situé à 12.0 cm à l'extérieur de la tige est

- (A)  $4.44 \times 10^{-3}$
- (B) 0.832
- (C) 1.25
- (D) 1.56
- (E) 9.21

**Question 24.** On vous demande de fabriquer une lentille mince convergente faite de verre de lanthane ( $n = 1.80$ ), dont la distance focale est de 30.0 cm lorsqu'elle est dans l'air. Si la lentille est symétrique (c.-à-d. les deux côtés ont la même courbure), quel est son rayon de courbure?

- (A) -208 cm
- (B) -48.0 cm
- (C) 30.0 cm
- (D) 48.0 cm
- (E) 208 cm

**Question 25.** Si un objet réel est placé entre le premier foyer et le vertex d'une lentille divergente, l'image formée par la lentille est

- (A) réelle, droite et réduite
- (B) virtuelle, droite et réduite
- (C) réelle, renversée et réduite
- (D) virtuelle, droite et agrandie
- (E) réelle, renversée et agrandie

**Question 26.** Une lentille convergente ( $|f| = 4.0$  cm) se trouve à 12.0 cm à la gauche d'une lentille divergente ( $|f| = 2.0$  cm). Si l'image finale, produite par la lentille divergente, est à 4.0 cm à gauche de la lentille divergente, la position de l'objet initial (c.-à-d. l'objet de la lentille convergente) par rapport à la lentille convergente, est

- (A) 2.7 cm à gauche de la lentille convergente
- (B) 5.3 cm à gauche de la lentille convergente
- (C) 5.7 cm à gauche de la lentille convergente
- (D) 6.4 cm à gauche de la lentille convergente
- (E) 8.0 cm à gauche de la lentille convergente

**Question 27.** Une couche mince d'épaisseur 880 nm et d'indice  $n_1 = 1.40$  repose sur une plaque de verre d'indice  $n_2 = 1.55$ . Un rayon de lumière monochromatique de longueur d'onde 500 nm frappe perpendiculairement l'interface air-couche, puis subit une série de transmissions et de réflexions. On suppose que les points A, B, C, D sont très proches des interfaces. Quelle est la différence de phase entre l'onde en D par rapport à l'onde en A? [Indice: Il faut soustraire le déphasage dû à une réflexion.]

- (A) 28 rad
- (B) 29 rad
- (C) 30 rad
- (D) 31 rad
- (E) 33 rad

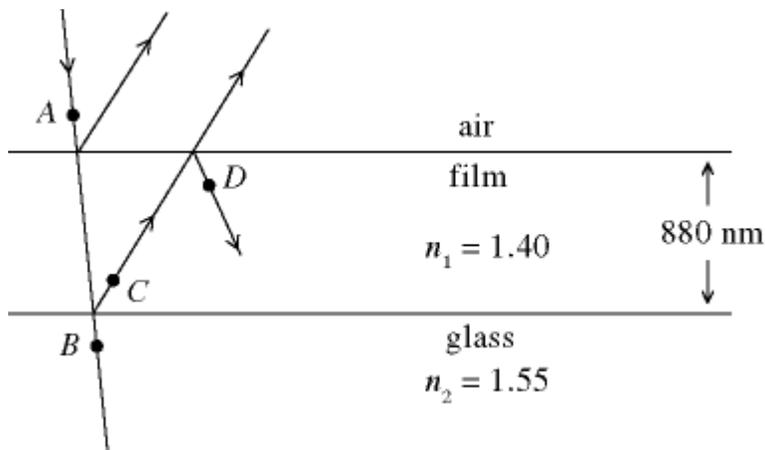


Figure pour la question 27

**Question 28.** Deux antennes radio, sur une droite nord-sud, sont séparées de 130 m. Les deux émettent en phase à une fréquence de 4.7 MHz. Toutes les mesures sont prises loin des antennes. Le point A est directement à l'est des antennes, à la même hauteur que le milieu des antennes. Le point B est à l'est des antennes (directement au nord de A) mais à  $30^\circ$  vers le nord. Le rapport de l'intensité du signal radio au point B sur l'intensité au point A est égal à

- (A) 1.0
- (B) 0.50
- (C) 1.5
- (D) 2.0
- (E) 3.0

**Question 29.** Sans compter la frange brillante centrale, combien de franges brillantes peuvent être formées de chaque côté de la frange centrale lorsque de la lumière de longueur d'onde 625 nm traverse deux fentes séparées de  $2.81 \times 10^{-6}$  m?

- (A) 2
- (B) 3
- (C) 4
- (D) 5
- (E) 6

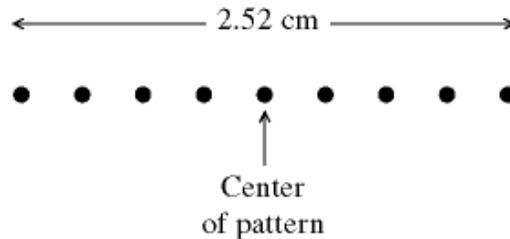
**Question 30.** Une paire de fentes minces, séparées de 1.8 mm, est illuminée de lumière cohérente de longueur d'onde 450 nm. Un patron d'interférence est observé sur un écran à 4.8 m des fentes. La séparation angulaire entre deux franges sombres adjacentes sur l'écran, mesurée aux fentes, vaut

- (A)  $0.15 \times 10^{-3}$  rad
- (B)  $0.20 \times 10^{-3}$  rad
- (C)  $0.25 \times 10^{-3}$  rad
- (D)  $0.30 \times 10^{-3}$  rad
- (E)  $0.35 \times 10^{-3}$  rad

---

**Question 31.** De la lumière cohérente monochromatique de longueur d'onde 632.8 nm traverse deux fentes parallèles minces. La figure ci-dessous illustre le patron de franges brillantes, observé sur un écran situé à 1.40 m des fentes. Nous pouvons en conclure que la distance entre les deux fentes est de

- (A) 0.0703 mm
- (B) 0.141 mm
- (C) 0.281 mm
- (D) 0.562 mm
- (E) 0.633 mm



**Figure pour la question 31**

---

---

**Question 32.** La figure ci-dessous illustre un *Miroir de Lloyd*. Il permet de former des franges d'interférence à l'aide d'une seule source, dont une partie de la lumière est réfléchiée sur un miroir plan (horizontal) puis rencontre un écran (à droite). Ce rayon réfléchi interfère avec un rayon direct pour former un patron d'interférence sur l'écran. Dans la figure ci-dessous, la distance entre la source et l'écran est de 2.40 m, et la séparation entre les franges, sur l'écran, est de 1.30 mm. Si la longueur d'onde de la lumière est de 580 nm, quelle est la distance (verticale) entre la source et le miroir?

- (A) 1.64 mm
- (B) 1.08 mm
- (C) 0.54 mm
- (D) 1.22 mm
- (E) 0.27 mm

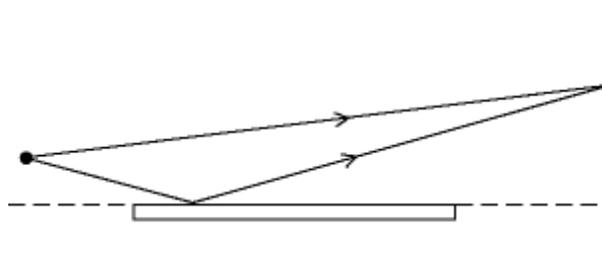


Figure pour la question 32

---

**Question 33.** De la lumière de longueur d'onde 425.0 nm (dans l'air) frappe perpendiculairement une mince couche d'huile ( $n_{\text{huile}} = 1.40$ ) d'épaisseur 850.0 nm. Cette couche repose sur une couche épaisse d'eau ( $n_{\text{eau}} = 1.33$ ), d'épaisseur 1500 nm. Le nombre de longueurs d'onde de lumière contenues dans la couche d'huile est d'environ

- (A) 2.00
- (B) 2.66
- (C) 2.80
- (D) 3.53
- (E) 4.69

**Question 34.** Comme à la question 33, de la lumière de longueur d'onde 425.0 nm (dans l'air) frappe perpendiculairement une mince couche d'huile ( $n_{\text{huile}} = 1.40$ ) d'épaisseur 850.0 nm. Cette couche repose sur une couche épaisse d'eau ( $n_{\text{eau}} = 1.33$ ), d'épaisseur 1500 nm. Vous voulez ajouter de l'huile jusqu'à ce que la lumière réfléchiée sur l'interface supérieure (c.-à-d. air-huile) de la couche d'huile soit atténuée. La plus petite valeur par laquelle vous devriez augmenter l'épaisseur de la couche est de

- (A) 60.7 nm
- (B) 75.9 nm
- (C) 106 nm
- (D) 121 nm
- (E) 152 nm

**Question 35.** Un laser se trouve sous l'eau ( $n_{\text{eau}} = 1.333$ ), et sa longueur d'onde (dans l'air) vaut 500 nm. On projette cette lumière laser vers une réseau de diffraction (sous l'eau) qui compte 3300 lignes/cm. À quel angle  $\theta$  se trouve le 3<sup>ième</sup> ordre de diffraction?

- (A) 0.166 rad
- (B) 0.518 rad
- (C) 21.8 rad
- (D) 0.124 rad
- (E) 0.371 rad

**Question 36.** De la lumière monochromatique traverse une fente simple et forme une figure de diffraction. Le 6<sup>ième</sup> minimum se trouve à  $23^\circ$  du maximum central. Le nombre de franges brillantes de chaque côté du maximum central est de

- (A) 17
- (B) 13
- (C) 14
- (D) 19
- (E) 16

**Question 37.** De la lumière monochromatique traverse une paire de fentes parallèles. Sur un écran éloigné, la frange d'interférence brillante d'ordre 8 est absente car elle coïncide avec le 3<sup>ème</sup> minimum de diffraction. Le rapport de la largeur des fentes à la distance entre elles est de

- (A) 0.750
- (B) 2.67
- (C) 5.33
- (D) 0.375
- (E) 0.188

**Question 38.** Les *Ninjas* fabriquent une caméra pour assurer la surveillance aérienne des *Pirates*. Le diamètre maximal de l'ouverture circulaire de la caméra est de 30 cm. La longueur d'onde de la lumière est de 550 nm. Si la résolution de la caméra n'est limitée que par la diffraction, alors la résolution angulaire de la caméra pour l'ouverture maximale est

- (A)  $2.2 \times 10^{-6}$  rad
- (B)  $3.2 \times 10^{-6}$  rad
- (C)  $6.3 \times 10^{-6}$  rad
- (D)  $4.5 \times 10^{-6}$  rad
- (E)  $1.6 \times 10^{-6}$  rad

**Question 39.** Un réseau de diffraction contient 450 lignes par mm. Quel est le plus grand ordre qui contient le spectre entier du visible, soit de 400 à 700 nm?

- (A)  $m = 2$
- (B)  $m = 5$
- (C)  $m = 3$
- (D)  $m = 6$
- (E)  $m = 4$

**Question 40.** La variable  $m$  indique les franges sombres dans un patron de diffraction par une fente simple. Quel est l'ensemble complet des valeurs possibles de  $m$ ?

- (A) 1, 2, 3, ...
- (B) 0, 1, 2, 3, ...
- (C)  $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$
- (D) 0,  $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$
- (E) Tout nombre rationnel

**Question 41.** Deux fentes séparées de 0.500 mm produisent le patron d'interférence habituel de maxima et de minima avec de la lumière laser. On décide de percer une *troisième* fente à 0.500 mm à gauche de la première fente. On éclaire ensuite les trois fentes avec le même laser. Y a-t-il des points, entre les maxima produits par les deux fentes originales, où la lumière des trois fentes générera de l'interférence constructive? Si oui, où sont ces points?

- (A) Non.
- (B) Oui. À mi-chemin entre les maxima originaux.
- (C) Oui. À intervalles de un tiers de la distance entre les maxima originaux.
- (D) Oui. À mi-chemin entre chaque deuxième paire de maxima.
- (E) Oui. À mi-chemin entre chaque troisième paire de maxima.

**Question 42.** Une fente simple, de largeur 2300 nm, forme un patron de diffraction lorsqu'elle est éclairée par de la lumière de longueur d'onde 660 nm. Que vaut le rapport de l'intensité à  $10^\circ$  du maximum central sur l'intensité du maximum central?

- (A) 0.37
- (B) 0.41
- (C) 0.25
- (D) 0.33
- (E) 0.29

**Page pour vos calculs**



**Joyeux Noël!**  
**Marc de Montigny**