



Physique

Niveau moyen

Épreuve 3

Lundi 11 mai 2015 (après-midi)

Numéro de session du candidat

1 heure

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Instructions destinées aux candidats

- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Répondez à toutes les questions de deux des options.
- Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.
- Une calculatrice est nécessaire pour cette épreuve.
- Un exemplaire non annoté du **recueil de données de physique** est nécessaire pour cette épreuve.
- Le nombre maximum de points pour cette épreuve d'examen est de **[40 points]**.

Option	Questions
Option A — Vue et phénomènes ondulatoires	1 – 4
Option B — Physique quantique et physique nucléaire	5 – 7
Option C — Technologie numérique	8 – 10
Option D — Relativité et physique des particules	11 – 12
Option E — Astrophysique	13 – 15
Option F — Communication	16 – 18
Option G — Ondes électromagnétiques	19 – 21



Veuillez **ne pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.

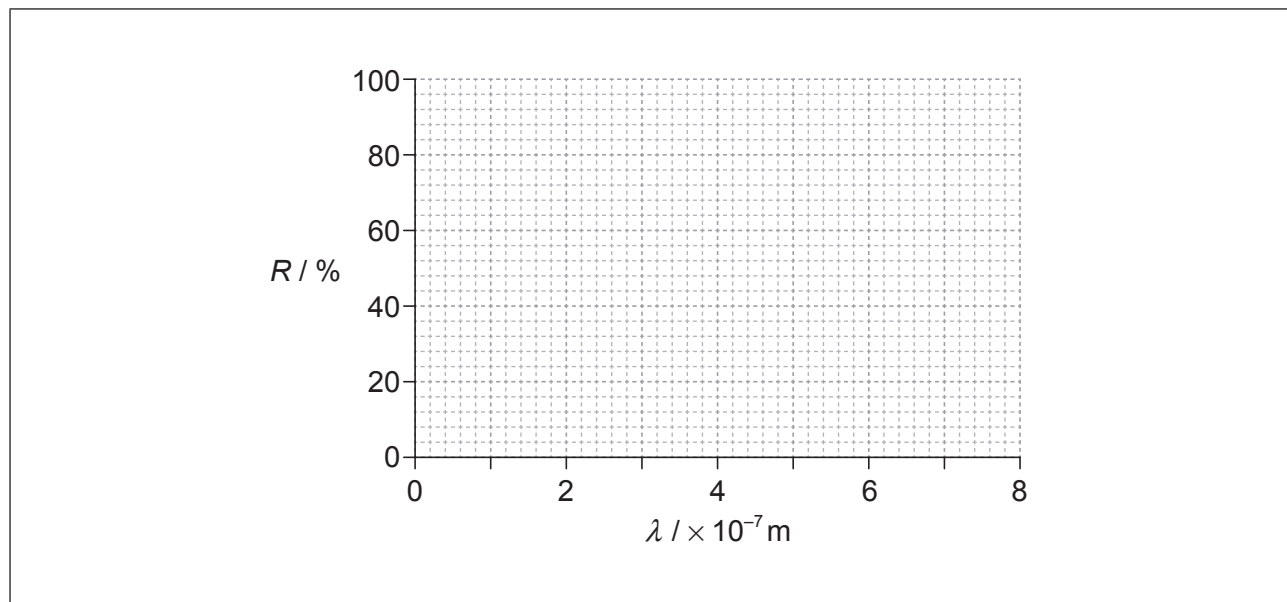


Option A — Vue et phénomènes ondulatoires

1. Cette question porte sur les cellules en bâtonnet.

- (a) Sur les axes, esquissez un graphique pour montrer la variation, en fonction de la longueur d'onde λ , de la réponse spectrale R des bâtonnets dans l'œil humain.

[2]



- (b) Certaines fleurs semblent être rouge brillant pendant le jour et rouge mat juste après le coucher du soleil. Expliquez cette observation, en référence à votre graphique esquissé pour la question (a).

[2]

.....

.....

.....

.....

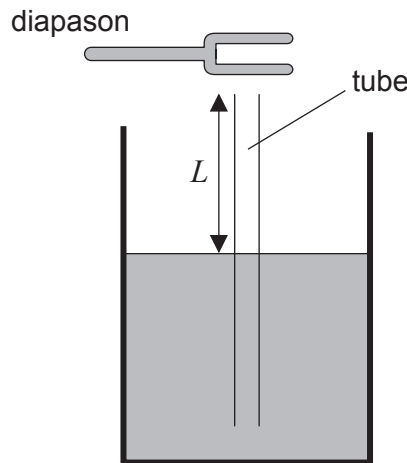
(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

2. Cette question porte sur les ondes stationnaires dans un tube.

- (a) Un tube fin est plongé dans un récipient d'eau. Une longueur L de ce tube s'étend au-dessus de la surface de l'eau.



On fait retentir un diapason au-dessus du tube. Pour des valeurs particulières de L , une onde stationnaire est établie dans le tube.

- (i) Expliquez comment une onde stationnaire est formée dans ce tube. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) La fréquence du diapason est 256 Hz. La longueur L la plus petite pour laquelle une onde stationnaire est établie dans le tube est 33,0 cm. Estimez la vitesse du son dans le tube. [2]

.....

.....

.....

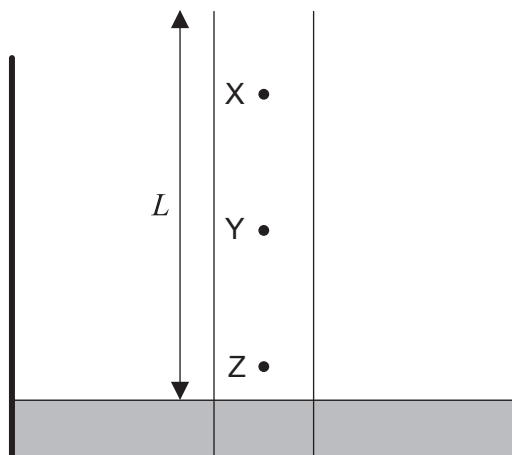
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 2)

- (b) Le schéma montre une vue agrandie du tube montré en (a). X, Y et Z sont trois molécules d'air dans le tube.



La longueur L est 33,0 cm.

- (i) Exprimez la direction d'oscillation de la molécule Y. [1]

.....

- (ii) Identifiez la molécule qui a la plus grande amplitude. [1]

.....

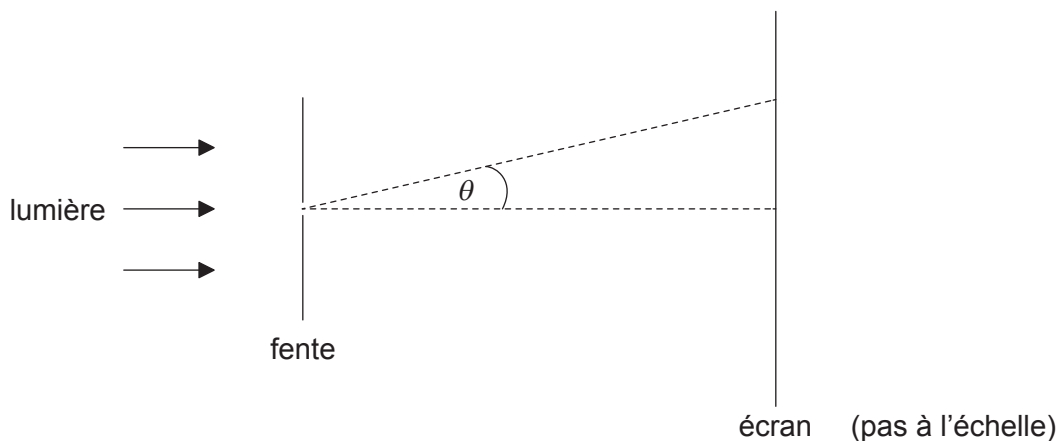
(L'option A continue sur la page suivante)



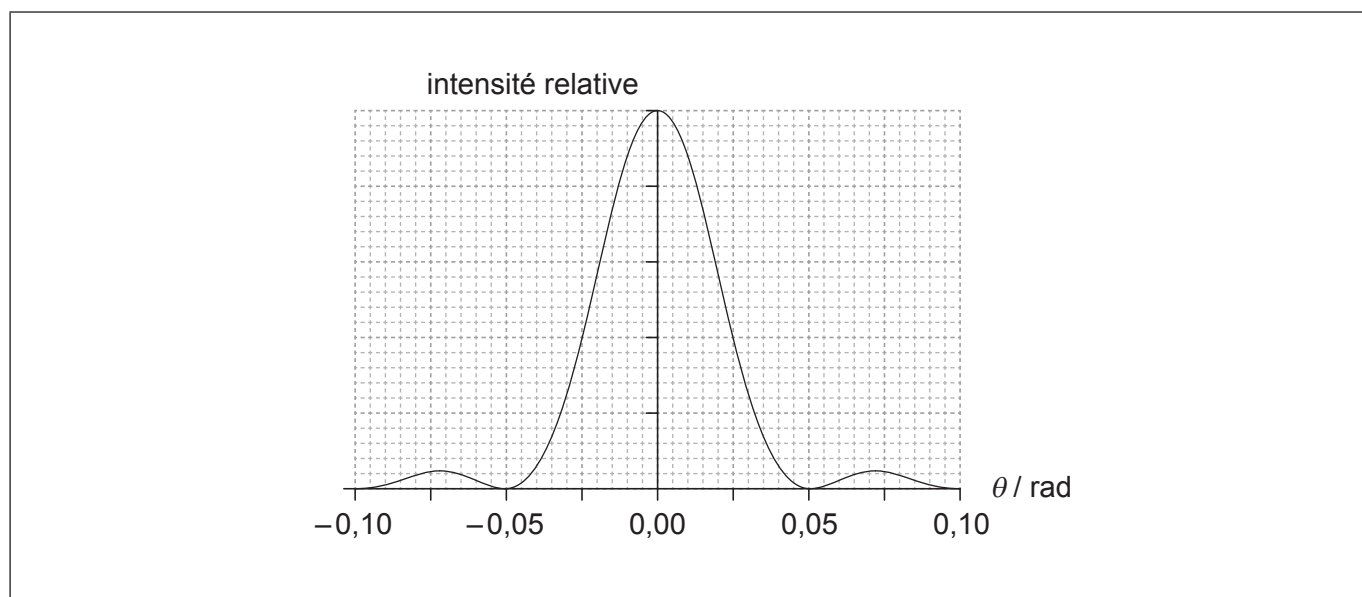
(Suite de l'option A)

3. Cette question porte sur la diffraction et la résolution.

Une lumière monochromatique est incidente sur une fente rectangulaire étroite.



On observe cette lumière sur un écran éloigné de la fente. Le graphique montre la variation, en fonction de l'angle θ , de l'intensité relative pour une lumière d'une longueur d'onde de $7,0 \times 10^{-7} \text{ m}$.



(a) Estimez la largeur de la fente.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 3)

- (b) Sur le graphique, esquissez la variation de l'intensité relative en fonction de θ lorsqu'on réduit la longueur d'onde de la lumière. [1]
- (c) Exprimez et expliquez, en référence à votre esquisse pour la question (b), s'il est plus facile de résoudre deux objets dans une lumière bleue **ou** dans une lumière rouge. [2]

.....

.....

.....

.....

4. Cette question porte sur la polarisation.

- (a) Exprimez ce qu'on entend par lumière polarisée. [1]

.....

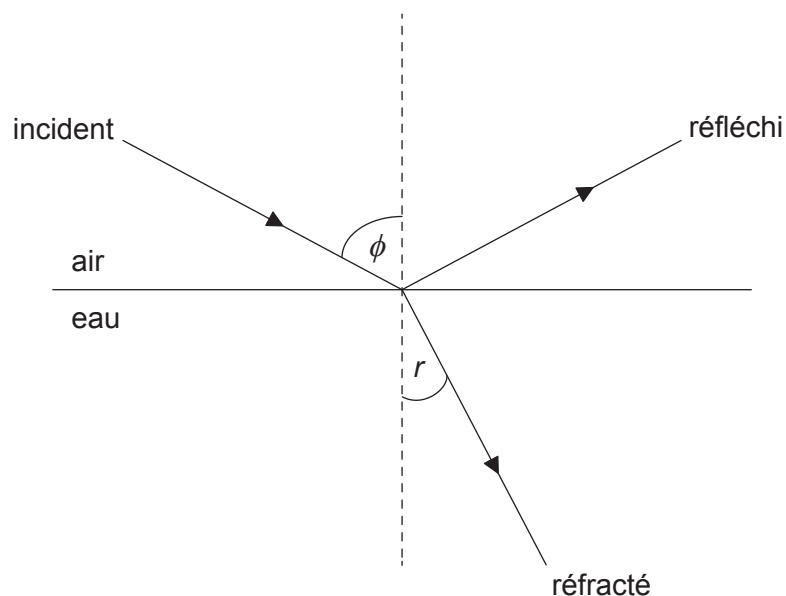
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 4)

- (b) Le schéma montre le rayon incident, le rayon réfléchi et le rayon réfracté à une interface air-eau horizontale. L'angle d'incidence est égal à l'angle de Brewster ϕ .



- (i) Décrivez l'état de polarisation du rayon réfléchi. [1]

.....

.....

- (ii) L'angle de Brewster est 53° . Calculez l'angle de réfraction r . [1]

.....

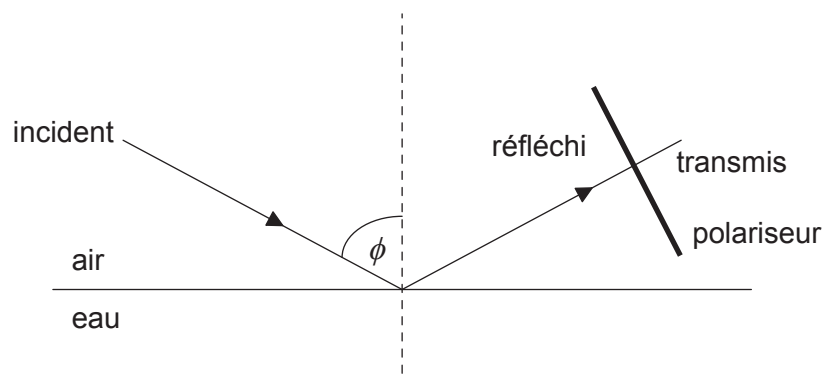
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



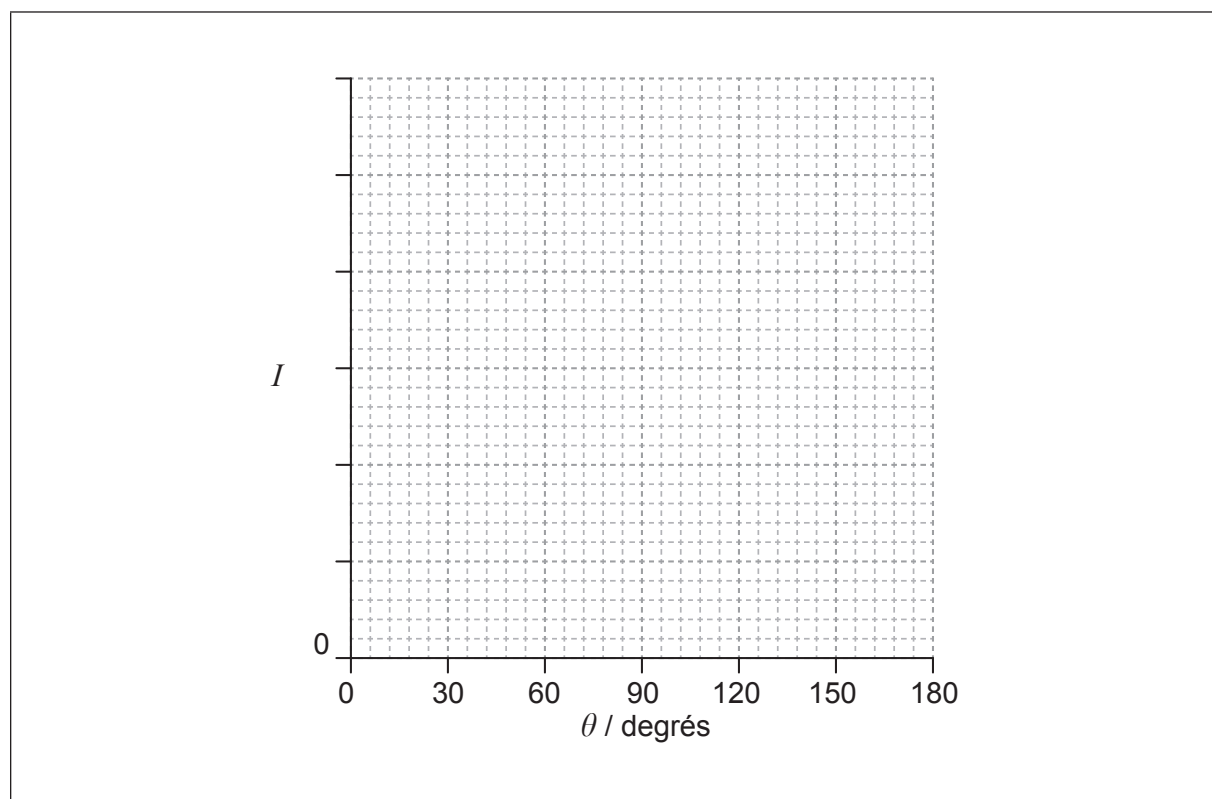
(Option A, suite de la question 4)

- (iii) La lumière réfléchi est transmise à travers un polariseur. Le plan de ce polariseur est à angle droit du rayon réfléchi.



L'axe de transmission du polariseur est initialement horizontal. On tourne alors le polariseur d'un angle θ autour du rayon réfléchi. Sur les axes, esquissez un graphique pour montrer la variation, en fonction de θ , de l'intensité transmise I .

[2]



Fin de l'option A



Option B — Physique quantique et physique nucléaire

5. Cette question porte sur l'effet photoélectrique.

Dans une expérience photoélectrique, une lumière d'une longueur d'onde de 450 nm est incidente sur une surface de sodium. Le travail d'extraction pour le sodium est 2,4 eV.

- (a) (i) Calculez, en eV, l'énergie cinétique maximum des électrons émis. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Le nombre d'électrons quittant la surface de sodium par seconde est 2×10^{15} . Calculez le courant quittant la surface de sodium. [2]

.....

.....

- (b) On diminue la longueur d'onde de la lumière incidente sur la surface de sodium sans changer son intensité. Expliquez pourquoi le nombre d'électrons émis depuis le sodium diminuera. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

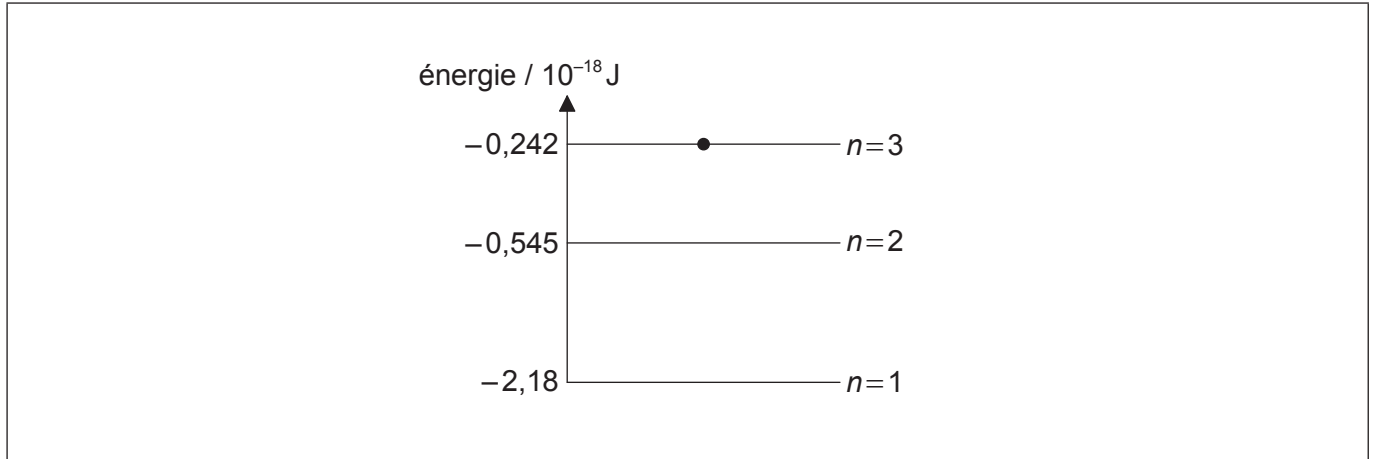
(L'option B continue sur la page suivante)



(Suite de l'option B)

6. Cette question porte sur l'atome d'hydrogène.

Le diagramme montre les trois niveaux d'énergie les plus bas d'un atome d'hydrogène.



(a) Un électron est excité au niveau d'énergie $n=3$. Sur le diagramme, dessinez des flèches pour montrer les transitions d'électrons possibles qui peuvent entraîner l'émission d'un photon.

[2]

(b) Montrez qu'un photon d'une longueur d'onde de 656 nm peut être émis depuis un atome d'hydrogène.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



36EP11

Tournez la page

(Suite de l'option B)

7. Cette question porte sur la désintégration radioactive.

Le nucléide X a une demi-vie qui est estimée être de l'ordre de milliers d'années.

- (a) Résumez comment on peut déterminer expérimentalement la demi-vie de X. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Un échantillon pur de X a une masse de 1,8 kg. La demi-vie de X est 9000 ans. Déterminez la masse de X restant après 25 000 ans. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option B



Option C — Technologie numérique

8. Cette question porte sur les signaux numériques.

(a) Pour le nombre binaire 11010,

(i) exprimez le bit de poids faible. [1]

.....

(ii) montrez que l'équivalent décimal du nombre binaire est 26. [1]

.....
.....

(b) On fait un enregistrement sur deux canaux (stéréo) à une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz, en utilisant un échantillonnage 16 bits. On stocke ensuite cet enregistrement sur un mini-CD comme 210 Mo (1 octet=8 bits) de données. Estimez le temps de lecture de ce mini-CD. [3]

.....
.....
.....
.....
.....
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Suite de l'option C)

9. Cette question porte sur un dispositif de transfert de charge (CCD).

Un dispositif de transfert de charge (capteur CCD) a $1,6 \times 10^7$ pixels et il est connecté à un télescope portable. Le grossissement de ce système est $2,08 \times 10^{-3}$. La surface du CCD est 866 mm^2 .

- (a) (i) Calculez la longueur du côté d'un pixel sur ce CCD. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Un élève utilise le télescope pour observer un objet éloigné. Déterminez la plus petite distance entre deux points sur cet objet qui peut être résolue. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Expliquez comment la lumière incidente sur un CCD entraîne l'accumulation d'une charge sur un pixel. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 9)

- (c) On remplace ce CCD par un autre qui a un plus grand rendement quantique. Suggérez **deux** implications que ce changement de rendement quantique a pour l'observation d'objets éloignées.

[2]

.....
.....
.....
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Suite de l'option C)

10. Cette question porte sur un amplificateur opérationnel (amp. op.) parfait.

(a) Exprimez **deux** propriétés d'un amplificateur opérationnel (amp. op.) parfait. [2]

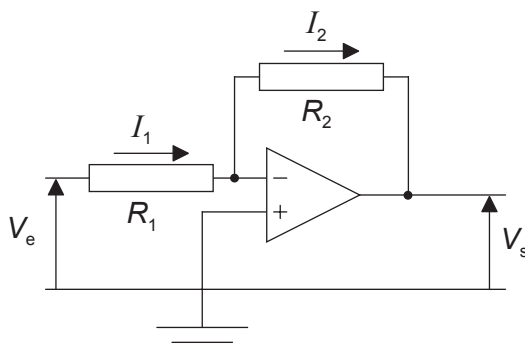
.....

.....

.....

.....

(b) Le schéma montre un amp. op. connecté comme un amplificateur inverseur. La tension d'entrée est V_e et la tension de sortie est V_s .



Montrez que le gain de cet amplificateur est $\frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 10)

- (c) L'amp. op. dans la question (b) est alimenté en courant par une alimentation à $\pm 15\text{V}$. La résistance R_1 est $50\text{k}\Omega$ et la résistance de R_2 est $600\text{k}\Omega$. Exprimez et expliquez la valeur de la tension de sortie V_s lorsque la tension d'entrée V_e est $1,7\text{V}$.

[2]

.....

.....

.....

.....

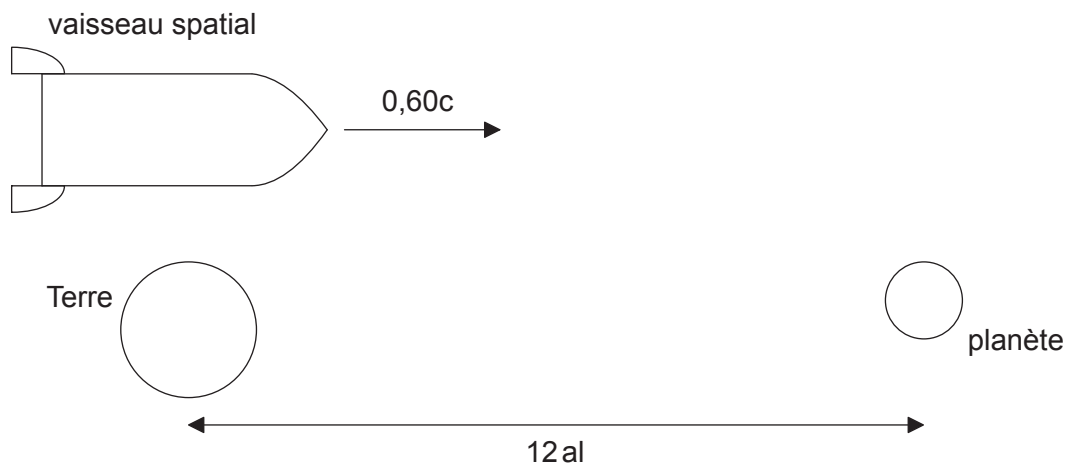
Fin de l'option C



Option D — Relativité et physique des particules

11. Cette question porte sur la cinématique relativiste.

Un vaisseau spatial quitte la Terre et se déplace vers une planète. Ce vaisseau spatial se déplace à une vitesse de $0,60c$ par rapport à la Terre. La planète est à une distance de 12 al selon l'observateur sur la Terre.



(a) Déterminez le temps, en années, pris par le vaisseau spatial pour atteindre la planète selon

(i) l'observateur sur la Terre.

[1]

.....

.....

(ii) l'observateur dans le vaisseau spatial.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 11)

- (b) Le vaisseau spatial passe devant une station spatiale qui est au repos par rapport à la Terre. La longueur propre de cette station spatiale est 310 m.

- (i) Exprimez ce qu'on entend par longueur propre. [1]

.....
.....

- (ii) Calculez la longueur de la station spatiale selon l'observateur dans le vaisseau spatial. [2]

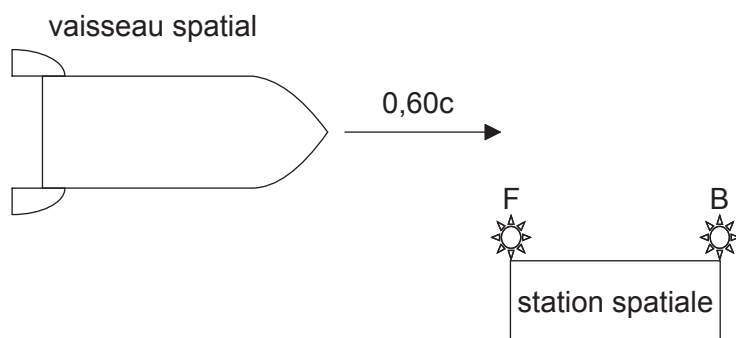
.....
.....
.....
.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 11)

- (c) F et B sont deux lumières clignotantes situées aux extrémités de la station spatiale, comme cela est montré. Tandis que le vaisseau spatial s'approche de la station spatiale dans la question (b), F et B s'allument. Ces lumières s'allument simultanément selon l'observateur sur la station spatiale qui est à mi-chemin entre les lumières.



Exprimez et expliquez quelle lumière, F **ou** B, s'allume la première selon l'observateur dans le **vaisseau spatial**.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Suite de l'option D)

12. Cette question porte sur les particules et les interactions.

- (a) (i) Exprimez ce qu'on entend par une antiparticule. [1]

.....

.....

- (ii) Certaines particules sont identiques à leurs antiparticules. Discutez si le neutron et l'antineutron sont identiques. [2]

.....

.....

.....

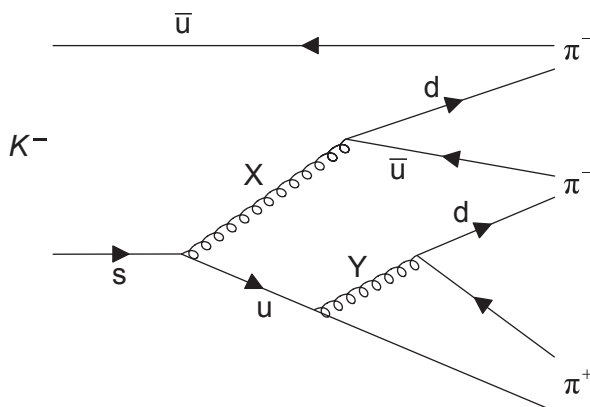
.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 12)

- (b) Le diagramme de Feynman représente la désintégration $K^- \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^-$.



Les particules X et Y sont des particules d'échange.

- (i) Expliquez ce qu'on entend par une particule d'échange.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Identifiez X.

[1]

.....

- (iii) Déterminez la charge électrique de Y.

[1]

.....

- (iv) Calculez le changement de l'étrangeté dans la désintégration de K^- .

[1]

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 12)

- (c) On croyait autrefois que la particule d'échange de l'interaction forte était le pion. La portée de l'interaction forte entre les hadrons est environ 10^{-15} m. Estimez la masse du pion. [2]

.....
.....
.....
.....
.....
.....

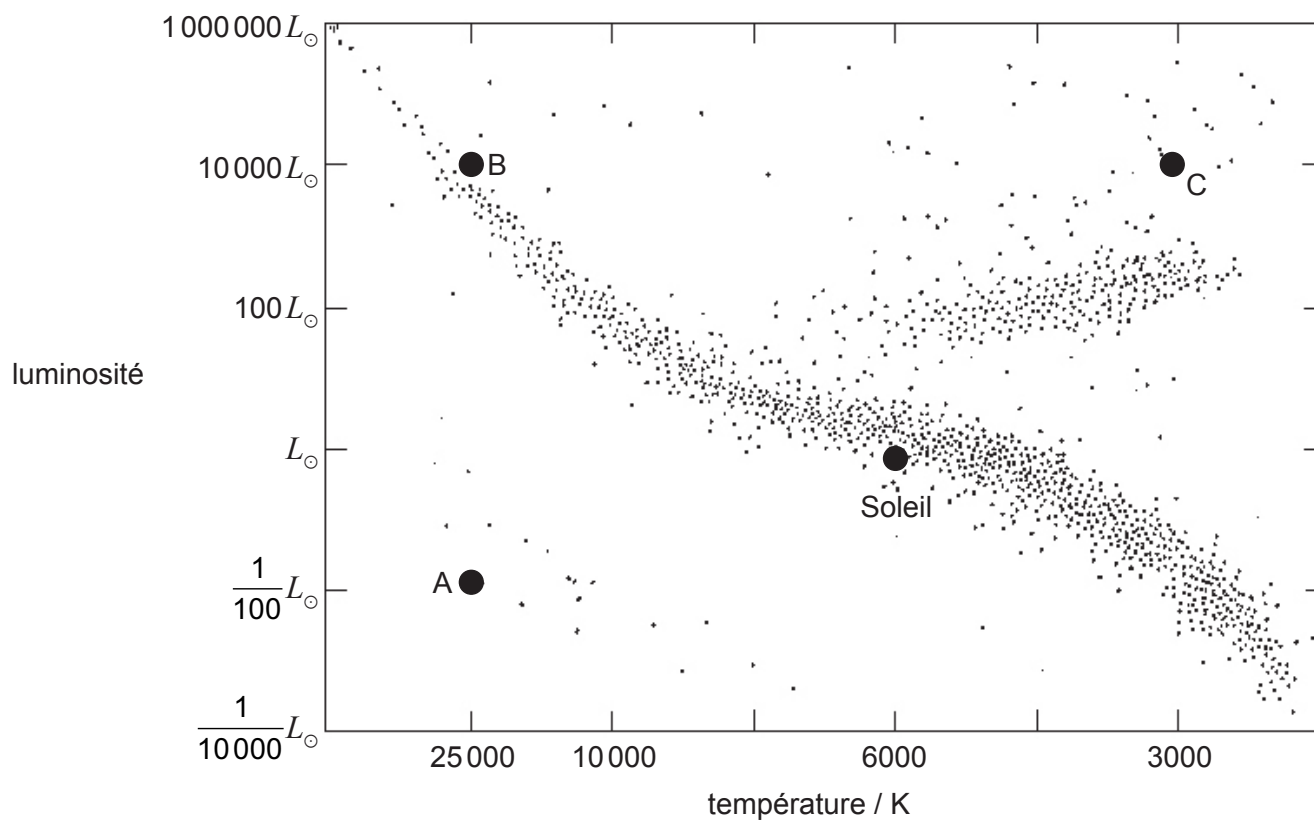
Fin de l'option D



Option E — Astrophysique

13. Cette question porte sur les étoiles.

Le diagramme de Hertzsprung–Russell (HR) montre la position du Soleil et de trois étoiles légendées A, B et C.



(a) Exprimez le type d'étoile pour A, B et C.

[3]

A :
B :
C :

(L'option E continue sur la page suivante)



(Option E, suite de la question 13)

- (b) Déterminez le rapport $\frac{\text{rayon de B}}{\text{rayon de A}}$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) La brillance stellaire apparente de C est $3,8 \times 10^{-10} \text{ W m}^{-2}$. La luminosité du Soleil est $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$.

- (i) Exprimez ce qu'on entend par brillance stellaire apparente et par luminosité. [2]

Brillance stellaire apparente :

.....

.....

Luminosité :

.....

.....

- (ii) Déterminez la distance de l'étoile C de la Terre. [2]

.....

.....

.....

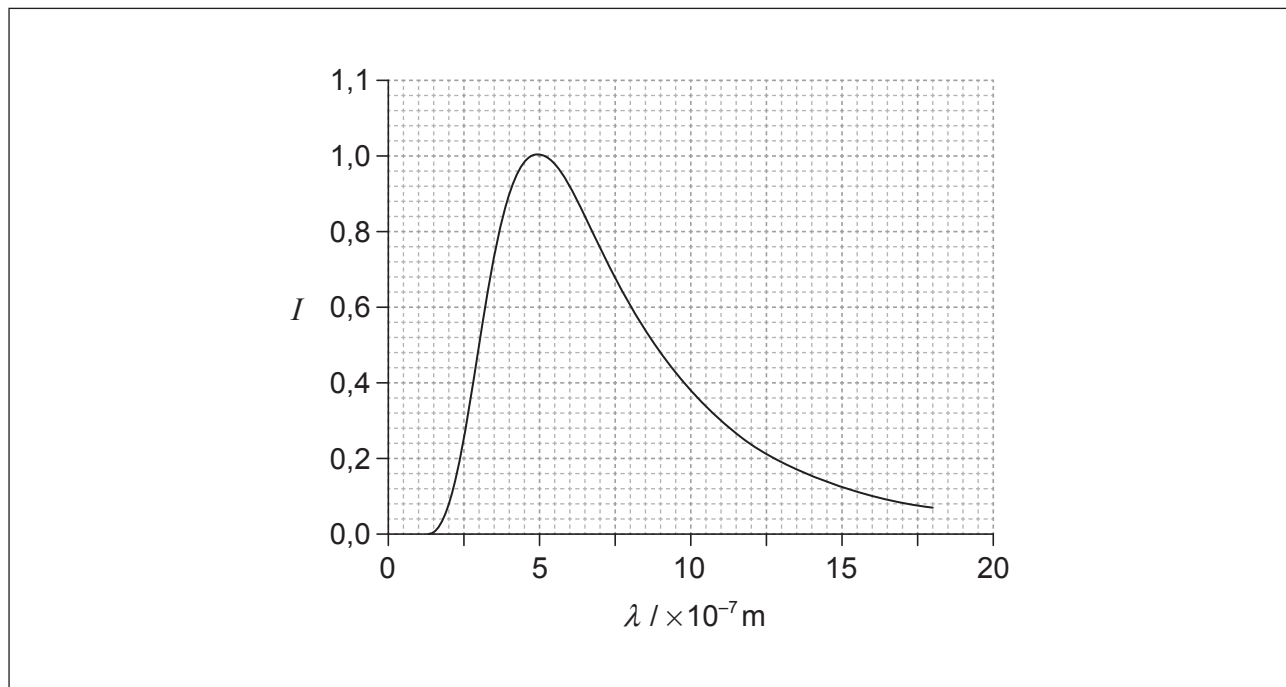
.....

(L'option E continue sur la page suivante)



(Option E, suite de la question 13)

- (d) Le graphique montre la variation, en fonction de la longueur d'onde λ , de l'intensité I du rayonnement émis par $1,0 \text{ m}^2$ de la surface du Soleil. La courbe du graphique a été ajustée de manière à ce que l'intensité maximum soit 1.



Sur le quadrillage, dessinez un graphique correspondant pour l'étoile C. Votre courbe devrait avoir une intensité maximum de 1.

[2]

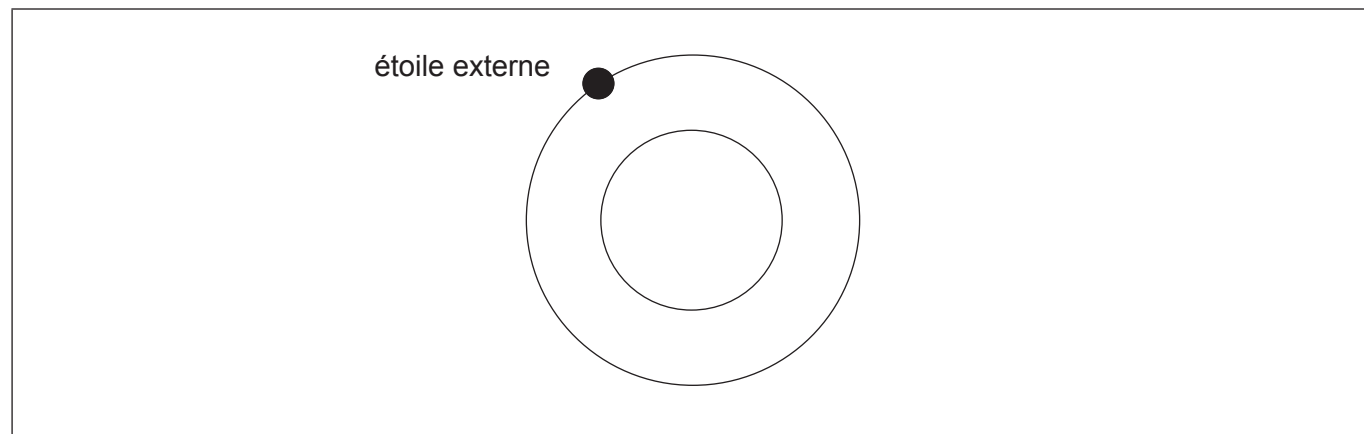
(L'option E continue sur la page suivante)



(Suite de l'option E)

14. Cette question porte sur les étoiles binaires à éclipse.

Les deux cercles dans le diagramme représentent les orbites de deux étoiles dans un système d'étoiles binaires. La position de l'étoile externe est montrée.



(a) Sur le diagramme, dessinez un point pour indiquer la position de la deuxième étoile. Légendez le S. [1]

(b) Exprimez **une** condition qui doit être remplie pour que ce système soit classé comme étant un système d'étoiles binaires à éclipse. [1]

.....

.....

(c) Ces deux étoiles ont le même rayon mais une brillance stellaire apparente différente. La période de révolution de ces deux étoiles est 10 ans. Sur les axes, esquissez un graphique pour montrer la variation, en fonction du temps t , de la brillance stellaire apparente combinée b de ces deux étoiles. [2]



(L'option E continue sur la page suivante)



(Suite de l'option E)

15. Cette question porte sur l'univers en expansion.

Depuis 1929, on pense que l'univers est en expansion.

(a) Exprimez ce qu'on entend par l'expansion de l'univers.

[1]

.....

.....

.....

.....

(b) Le décalage vers le rouge de la lumière provenant de galaxies éloignées fournit la preuve d'un univers en expansion.

(i) Exprimez **une** autre preuve à l'appui d'un univers en expansion.

[1]

.....

.....

(ii) Expliquez comment votre réponse à la question (b)(i) est une preuve pour le modèle du big-bang de l'univers.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option E



Option F — Communication

16. Cette question porte sur la modulation d'amplitude (AM).

- (a) Décrivez ce qu'on entend par modulation d'amplitude (AM). [2]

.....

.....

.....

.....

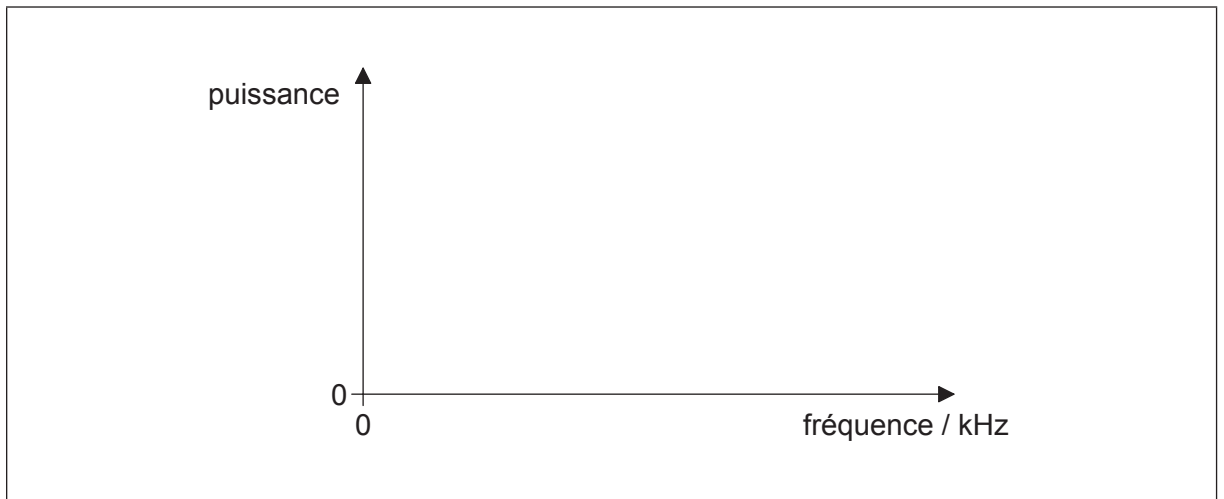
- (b) Une onde porteuse a une fréquence de 540 kHz. Elle est modulée en amplitude par une onde signal d'une fréquence de 4,0 kHz.

- (i) Exprimez la largeur de bande de cette onde porteuse modulée. [1]

.....

.....

- (ii) Sur les axes, esquissez le spectre de puissance de cette onde porteuse modulée. [2]

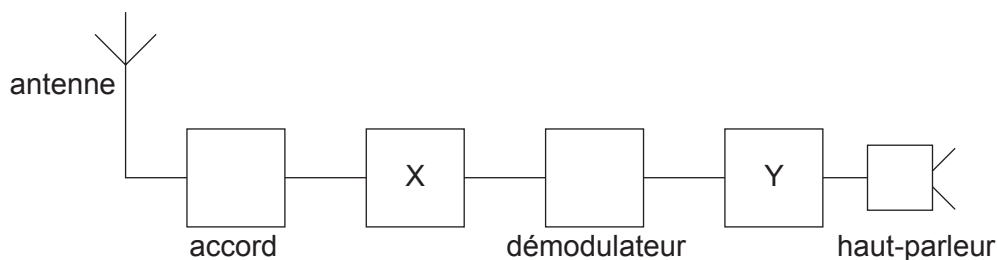


(L'option F continue sur la page suivante)



(Option F, suite de la question 16)

- (c) Le schéma fonctionnel montre un récepteur radio AM.



Identifiez les blocs légendés X et Y.

[2]

X :

Y :

17. Cette question porte sur les signaux numériques.

- (a) On fait un enregistrement sur deux canaux (stéréo) à une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz, en utilisant un échantillonnage 16 bits dans chaque canal.

- (i) Déterminez le débit binaire pendant cet enregistrement.

[1]

.....

- (ii) Déterminez la durée d'un échantillon.

[2]

.....

(L'option F continue sur la page suivante)



(Option F, suite de la question 17)

- (b) Expliquez **un** changement qu'on pourrait apporter à ce processus pour améliorer la qualité de la transmission.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (c) L'échantillon est numérisé. On utilise un multiplexage temporel pour envoyer ce signal numérique à un émetteur radio. Décrivez ce qu'on entend par multiplexage temporel.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option F continue sur la page suivante)



36EP31

Tournez la page

(Suite de l'option F)

18. Cette question porte sur la transmission par fibres optiques.

- (a) Expliquez, en référence à l'angle critique, ce qu'on entend par réflexion totale interne. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Dans une fibre optique, l'indice de réfraction du cœur est 1,62. L'indice de réfraction pour la gaine est 1,50. Déterminez l'angle critique pour l'interface entre le cœur et la gaine. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Exprimez **un** effet de la dispersion sur une impulsion qui s'est propagée le long d'une fibre optique. [1]

.....

.....

Fin de l'option F



Option G — Ondes électromagnétiques

19. Cette question porte sur les ondes électromagnétiques (EM) et les lasers.

- (a) Résumez la nature des ondes électromagnétiques (EM). [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Distinguez entre l'absorption et la dispersion du rayonnement EM. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Exprimez **une** application de la technologie laser. [1]

.....

.....

.....

.....

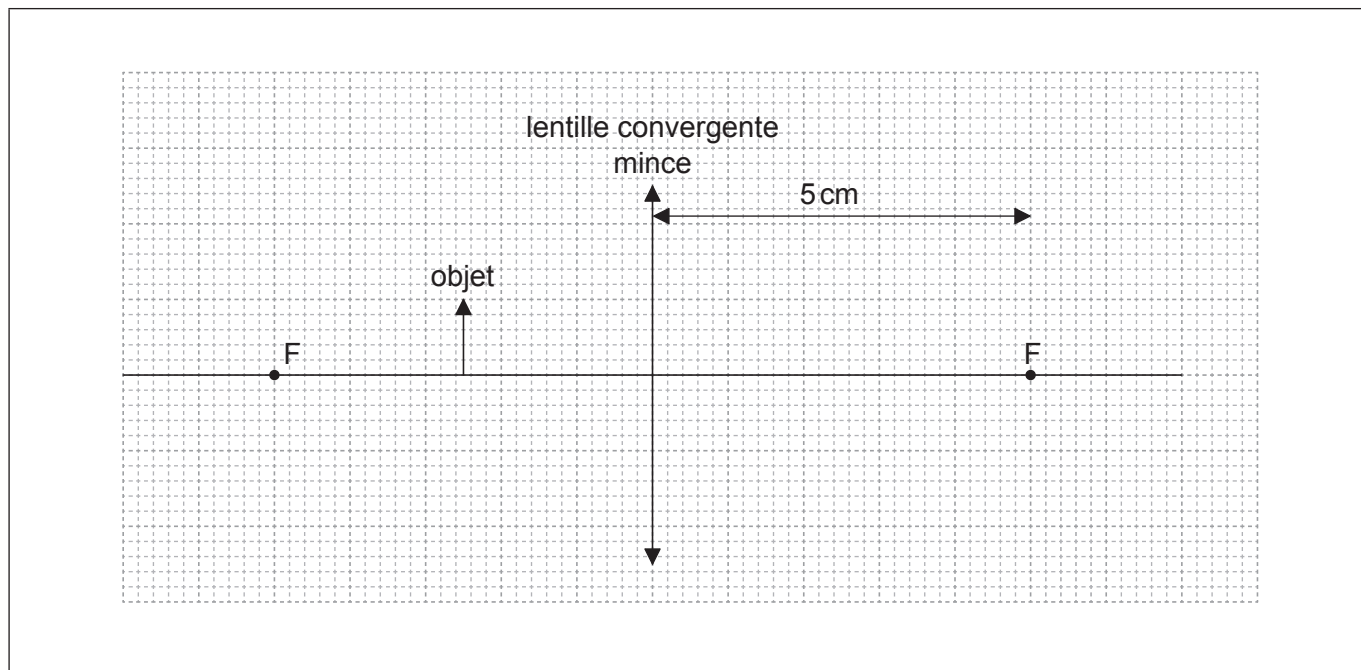
(L'option G continue sur la page suivante)



(Suite de l'option G)

20. Cette question porte sur une lentille convergente (convexe) mince.

Le diagramme montre un objet placé devant une lentille convergente mince.



Les foyers de cette lentille sont légendés F.

(a) (i) En utilisant le diagramme, déterminez la puissance de cette lentille. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Sur le diagramme, construisez des lignes pour montrer comment l'image de l'objet est formée par la lentille. [3]

(L'option G continue sur la page suivante)



(Option G, suite de la question 20)

- (iii) Exprimez et expliquez si cette image est une image réelle **ou** une image virtuelle. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Argus utilise un télescope astronomique pour observer une tour de télécommunications. La hauteur de cette tour est 82 m et la distance entre Argus et la tour est 4,0 km. L'image formée par le télescope a un diamètre angulaire de 0,10 rad et elle est formée à l'infini.

- (i) Déterminez le grossissement angulaire du télescope. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) La distance focale de l'oculaire est 15 cm. Calculez la distance focale de l'objectif. [1]

.....

.....

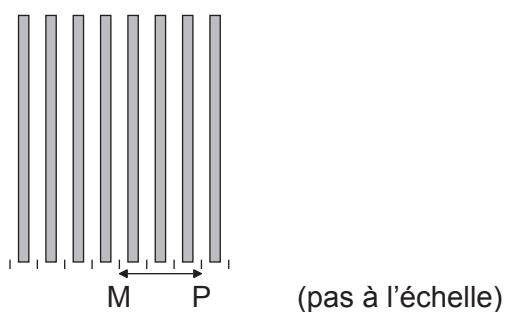
(L'option G continue sur la page suivante)



(Suite de l'option G)

21. Cette question porte sur une expérience avec deux fentes.

Une lumière monochromatique cohérente est incidente sur deux fentes rectangulaires étroites. Le schéma montre les franges produites sur un écran qui est à une certaine distance des fentes. M est le milieu de la frange claire centrale et P est le milieu de la troisième frange claire.



(a) Expliquez pourquoi un phénomène d'interférence est produit sur l'écran.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Les deux fentes sont séparées par 2,2 mm et la distance entre les fentes et l'écran est 1,8 m. La longueur d'onde de la lumière est 650 nm. Calculez la distance MP.

[2]

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option G

