



22076521

PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 3

Jeudi 3 mai 2007 (matin)

1 heure 15 minutes

Numéro de session du candidat

0	0								
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

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 dans les espaces prévus à cet effet.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les lettres des options auxquelles vous avez répondu dans la case prévue à cet effet sur la page de couverture.



Option D — Physique Biomédicale

D1. Un chien A a une masse de 20 kg et un chien B a une masse de 35 kg.

Déterminez le rapport

$$\frac{\text{taux de perte d'énergie par unité de masse pour le chien A}}{\text{taux de perte d'énergie par unité de masse pour le chien B}}$$
[4]

.....

.....

D2. Cette question porte sur l'audition.

(a) Exprimez la gamme de fréquences audibles pour une oreille humaine adulte normale. [1]

.....

(b) Résumez le rôle de l'oreille moyenne dans la détection des sons. [1]

.....

.....

(c) Les structures à l'intérieur de la cochlée ont des longueurs et une rigidité différentes. Résumez comment ces structures permettent à différentes fréquences présentes dans une onde sonore d'être distinguées. [2]

.....

.....

.....

.....

(d) Expliquez comment la discrimination des mots peut être affectée par des modifications du fonctionnement de la cochlée. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question D2)

- (e) Une personne ayant une audition défectueuse peut entendre des sons d'une intensité minimum de $6,0 \times 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$ à 3,0 kHz.

Déterminez la perte d'audition en dB de cette personne à cette fréquence. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

D3. Cette question porte sur l'absorption des rayons X dans les tissus humains.

- (a) Exprimez **deux** mécanismes responsables de l'atténuation des rayons X dans le tissu humain. [2]

1.

2.

- (b) (i) Résumez le principe de l'imagerie tomographique assistée par ordinateur (CT). [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Décrivez en quoi une image photographique radiologique standard diffère d'une image tomographique assistée par ordinateur. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



D5. Cette question porte sur les isotopes radioactifs utilisés en médecine.

On peut utiliser l'iode-131 dans le diagnostic médical pour identifier les sites de saignement à l'intérieur du corps.

(a) Décrivez brièvement comment et pourquoi la demi-vie effective de l'iode est différente de sa demi-vie physique. [3]

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

(b) La demi-vie physique de l'iode-131 est 8j et sa demi-vie biologique est 75j.

(i) Calculez la demi-vie effective de l'iode-131. [1]

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

(ii) Suggérez pourquoi la demi-vie biologique devrait être beaucoup plus longue que la demi-vie physique. [2]

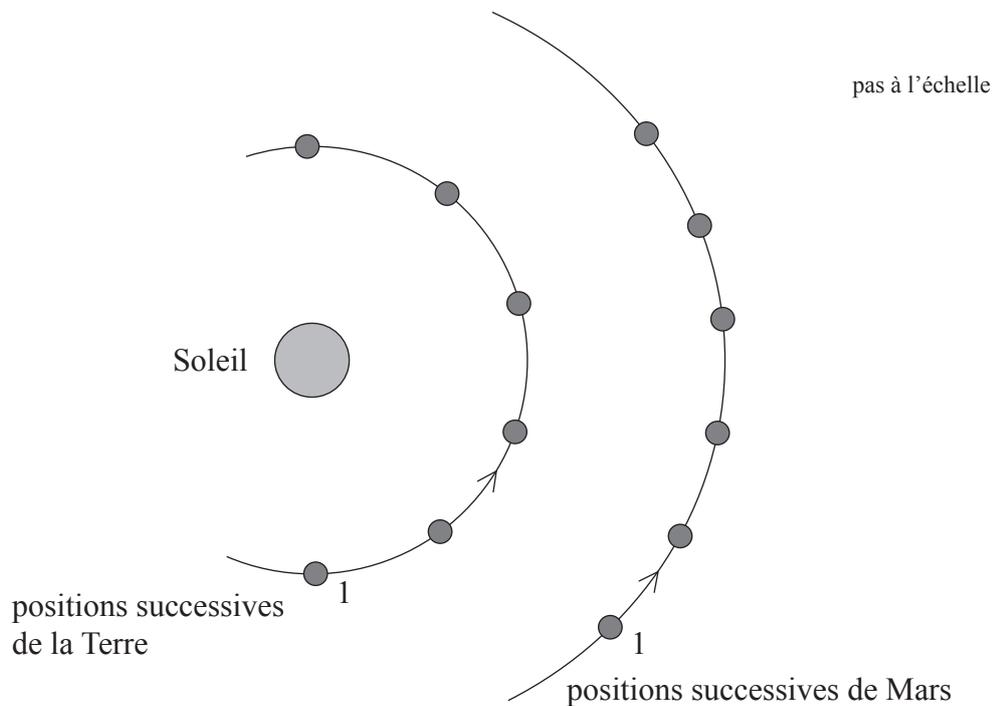
.....
.....
.....
.....
.....



Option E — Histoire et Développement de la Physique

E1. Cette question porte sur le mouvement planétaire.

- (a) Le schéma ci-dessous montre les positions successives de la Terre et de Mars sur leurs orbites autour du Soleil. Ces positions sont représentées à des intervalles de temps égaux, en commençant au moment où la Terre et Mars sont dans la position 1.



- (i) Exprimez ce qu'on entend par *mouvement rétrograde*. [1]

.....

.....

- (ii) Utilisez le schéma pour expliquer le mouvement rétrograde. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E1)

(b) Suggérez pourquoi, à partir de la Terre,

(i) seulement un côté de la Lune est visible. [3]

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

(ii) la Lune se lève chaque jour dans une position différente pendant un mois lunaire. [2]

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

E2. Cette question porte sur la loi de la gravitation de Newton.

On dit que Newton a développé sa loi de la gravitation après avoir observé une pomme tomber d'un arbre.

(a) Expliquez pourquoi on dit que cette loi est *universelle*. [1]

.....
.....

(b) Décrivez comment la loi de la gravitation de Newton a contribué à l'acceptation des lois de Kepler sur le mouvement planétaire. [2]

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



E3. Cette question porte sur l'expérience de Thomson pour mesurer le rapport entre la charge et la masse d'un électron.

Dans son expérience pour mesurer le rapport charge-masse de l'électron, Thomson avait besoin de connaître la vitesse des électrons tandis qu'ils traversaient un champ électrique.

Résumez comment cette vitesse fut mesurée.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



E4. Cette question porte sur les modèles de l'atome nucléaire.

Thomson et Rutherford suggérèrent tous les deux des modèles de l'atome.

(a) Comparez les modèles atomiques de Thomson et de Rutherford. [3]

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

(b) L'existence du neutron fut suggérée dans la première partie du vingtième siècle. Suggérez pourquoi le neutron ne fut pas détecté avant 1932. [2]

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



E5. Cette question porte sur la théorie de Bohr de l'atome d'hydrogène.

- (a) Exprimez **un** succès et **une** limitation du modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène. [2]

Succès :

.....

.....

Limitation :

.....

.....

- (b) Déterminez l'énergie d'ionisation de l'hydrogène atomique. La constante de Rydberg est $1,1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E5)

- (c) Résumez comment les idées de Louis de Broglie ont permis à Schrödinger de formuler un autre modèle possible de l'atome d'hydrogène qui permettait à des orbites stables d'exister sans contredire la théorie électromagnétique. Dans votre réponse, vous devriez distinguer soigneusement les idées de Louis de Broglie et celles de Schrödinger. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Option F — Astrophysique

F1. Cette question porte sur l'éclat des étoiles.

(a) (i) Définissez le terme *luminosité d'une étoile*. [1]

.....
.....

(ii) Exprimez **un** facteur qui détermine la luminosité d'une étoile. [1]

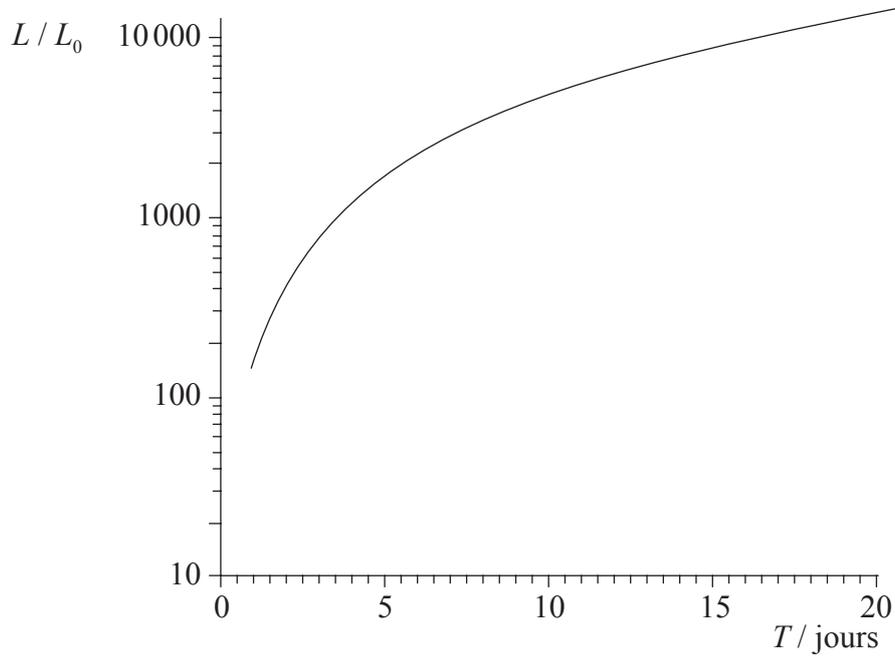
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F1)

- (b) Le graphique ci-dessous montre la variation de la luminosité L des étoiles variables céphéides en fonction de la période T , en considérant que la luminosité du Soleil est L_0 .



- (i) Résumez pourquoi la luminosité d'une étoile céphéide varie périodiquement. [2]

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

- (ii) L'étoile variable céphéide A a une période de 3,5 j ; l'étoile variable céphéide B a une période de 16,5 j. L'étoile A est à une distance $1,6 \times 10^{21}$ m de la Terre et, vue de la Terre, elle a un éclat apparent de $1,2 \times 10^{-14} \text{ W m}^{-2}$. L'éclat apparent de l'étoile B, vue de la Terre, est $5,3 \times 10^{-16} \text{ W m}^{-2}$.

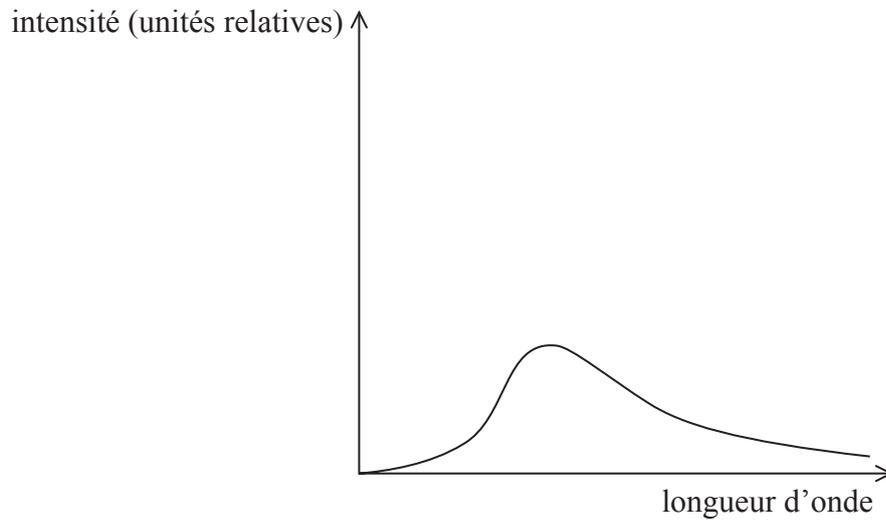
Déterminez la distance entre l'étoile B et la Terre. [4]

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



F2. Cette question porte sur la cosmologie.

(a) Le diagramme ci-dessous montre le spectre du rayonnement émis par un corps noir.



(i) Sur le diagramme ci-dessus, esquissez le spectre du rayonnement émis par ce corps noir à une température plus élevée. [2]

(ii) Exprimez ce qu'on entend par *rayonnement cosmologique fossile*. [2]

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

(iii) Expliquez comment la connaissance du spectre d'un corps noir et l'existence du rayonnement cosmologique fossile sont compatibles avec le modèle du "Big Bang" de l'univers. [3]

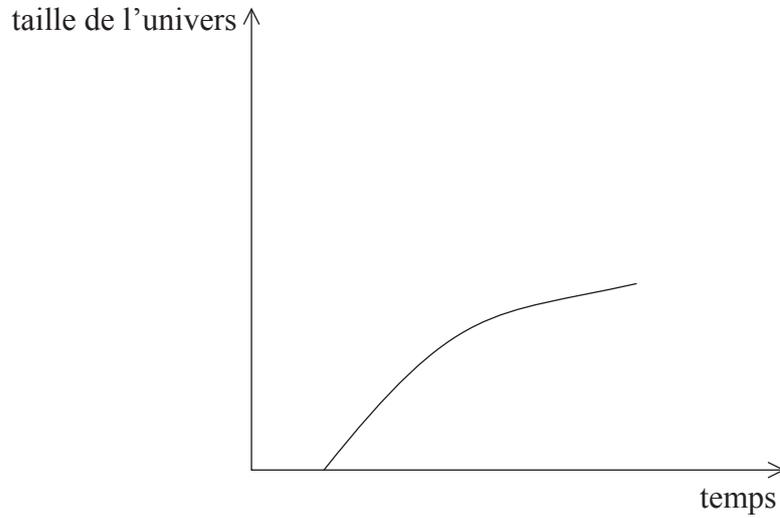
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F2)

- (b) Le diagramme ci-dessous montre une suggestion pour la variation de la taille de l'univers en fonction du temps. Cette suggestion est appelée l'univers "plat".



- (i) Sur le diagramme ci-dessus, dessinez une ligne pour représenter un univers "ouvert" (désignez cette ligne par O) et une ligne pour représenter un univers "fermé" (désignez cette par ligne F). [3]
- (ii) Exprimez et expliquez la condition, en termes de densité critique de la matière dans l'univers, pour que l'univers soit fermé. [2]

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



F3. Cette question porte sur les galaxies.

- (a) Distinguez entre une *galaxie* et un *superamas galactique*. [3]

Galaxie :

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

Superamas galactique :

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

- (b) Une galaxie est à 190 Mpc du Soleil et elle s'éloigne à une vitesse de $1,3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$.

Utilisez ces données pour déterminer une valeur pour l'âge de l'univers. [3]

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



F4. Cette question porte sur l'évolution des étoiles.

(a) Décrivez la limite de Chandrasekhar. [1]

.....
.....

(b) Une étoile de la séquence principale a une masse de vingt masses solaires.

Résumez, en référence à la limite de Chandrasekhar, l'évolution de cette étoile après qu'elle ait quitté la séquence principale. [3]

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



Option G — Relativité

G1. Cette question porte sur la dilatation du temps.

(a) Définissez les termes suivants.

(i) *Longueur propre* [1]

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

(ii) *Temps propre* [1]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G1)

- (b) Un muon est créé dans l'atmosphère de la Terre par un rayon cosmique heurtant un atome d'oxygène. La vitesse de ce muon telle qu'elle est mesurée par un observateur sur la Terre est de $0,99c$, c étant la vitesse de la lumière. Ce muon se désintègre après un temps de $3,1 \times 10^{-6}$ s tel que mesuré dans son système de référence.

Calculez,

- (i) la distance parcourue par le muon telle que mesurée dans son système de référence. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) pour un observateur sur la Terre, la durée de vie du muon et la distance qu'il parcourt avant de se désintégrer. [3]

Durée de vie :

.....

.....

.....

Distance :

.....

.....

.....

- (c) Utilisez vos réponses à la partie (b) pour expliquer la dilatation du temps. [2]

.....

.....

.....

.....

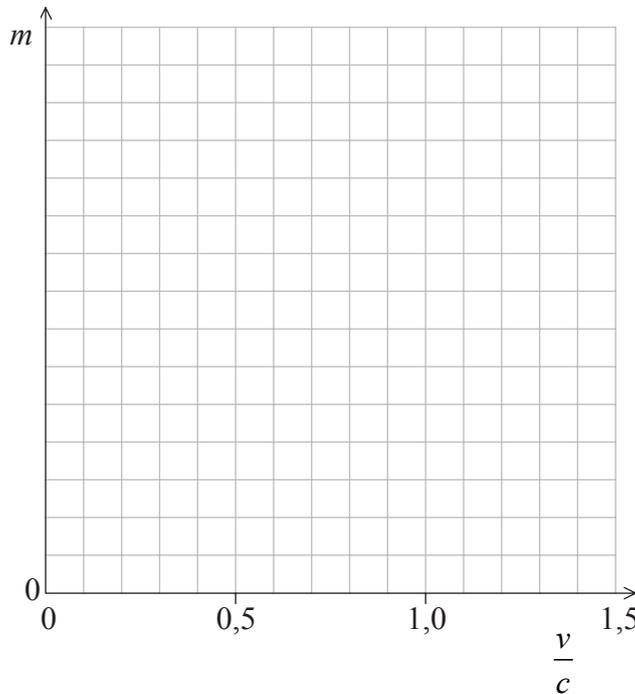
.....

.....



G2. Cette question porte sur l'augmentation de masse relativiste.

- (a) Des électrons sont accélérés depuis l'état de repos au moyen d'une différence de potentiel. Sur les axes ci-dessous, dessinez un graphique esquissé pour montrer comment la masse m d'un électron varie en fonction de sa vitesse, $\frac{v}{c}$. (Remarque : aucune valeur numérique n'est demandée.) [3]



- (b) Un électron est accéléré au moyen d'une différence de potentiel de 2,0 MV. La masse au repos de cet électron est de $0,50 \text{ MeV } c^{-2}$.

Déterminez, pour l'électron accéléré,

- (i) la masse finale en $\text{MeV } c^{-2}$. [1]

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

- (ii) la vitesse finale en termes de c après l'accélération. [3]

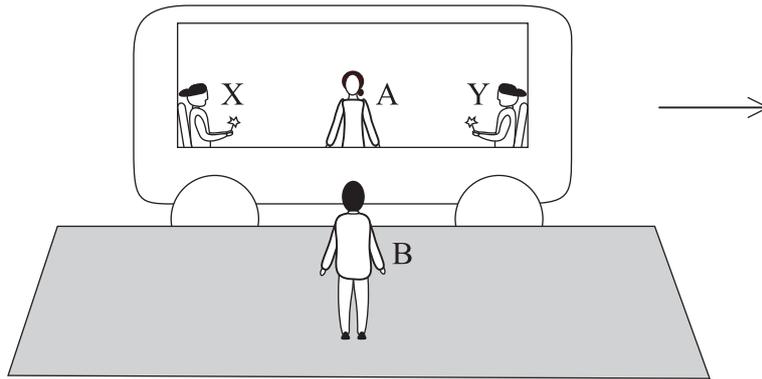
.....
.....
.....



G3. Cette question porte sur la simultanéité.

Deux personnes, X et Y, se trouvent en face l'une de l'autre aux extrémités opposées d'une voiture de chemin de fer. La personne A se trouve aussi dans la voiture, à mi-chemin entre X et Y. La voiture se déplace en ligne droite avec une vitesse uniforme par rapport à la personne B qui est debout à côté de la voie de chemin de fer.

Lorsque la personne A est en face de la personne B, les deux personnes X et Y allument chacune une lumière. La personne A voit ces lumières en même temps, c'est-à-dire simultanément.



Discutez si la personne B décrira l'allumage des lumières comme se produisant simultanément.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

G4. Cette question porte sur les trous noirs.

(a) (i) En référence à l'espace-temps, décrivez la nature d'un trou noir. [2]

.....
.....

(ii) En référence à votre réponse à la partie (a), définissez le rayon de Schwarzschild. [1]

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

(iii) Une étoile a une masse de $4,0 \times 10^{31}$ kg. Elle évolue en un trou noir.

Calculez le rayon de Schwarzschild de ce trou noir, en exprimant toute supposition que vous faites. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G4)

(b) Un vaisseau spatial s'approche du trou noir mentionné en (a)(iii). S'il devait continuer à se déplacer en ligne droite, il passerait à moins de 10^6 m de ce trou noir.

(i) Suggérez quel effet le trou noir aurait sur le mouvement du vaisseau spatial. [1]

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

(ii) Expliquez l'attraction gravitationnelle en termes de déformation de l'espace-temps par la matière. [4]

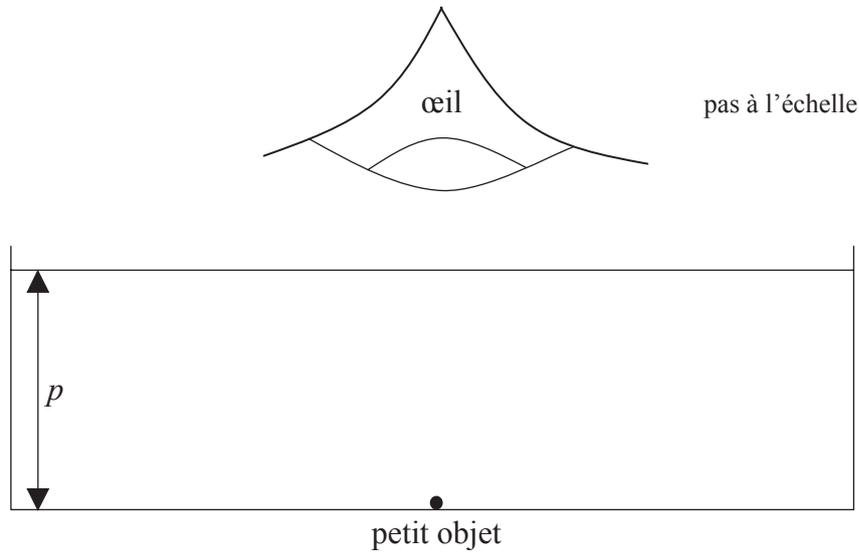
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Option H — Optique

H1. Cette question porte sur l'indice de réfraction.

- (a) Un petit objet repose au fond d'une piscine d'une profondeur p . Vu depuis une position située juste au-dessus de lui, cet objet semble être à 5,0 m en dessous du niveau de la surface de l'eau.



- (i) Sur le schéma ci-dessus, dessinez des rayons pour positionner l'image de l'objet tel qu'il est vu du dessus. [2]

- (ii) L'indice de réfraction de l'eau = 1,3.

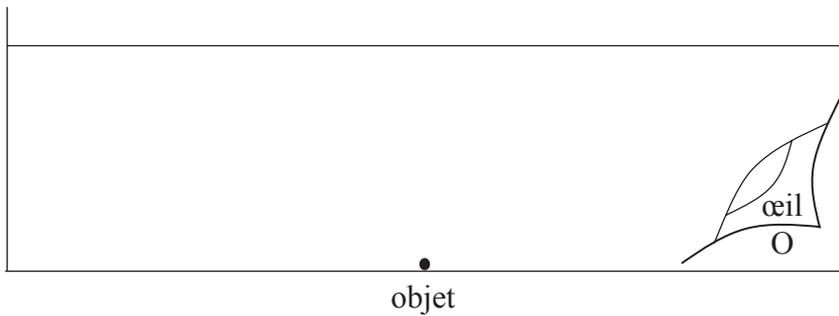
Déterminez la profondeur p de la piscine. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question H1)

- (b) Un plongeur voit la surface de l'eau depuis le point O comme indiqué sur le schéma ci-dessous.



pas à l'échelle

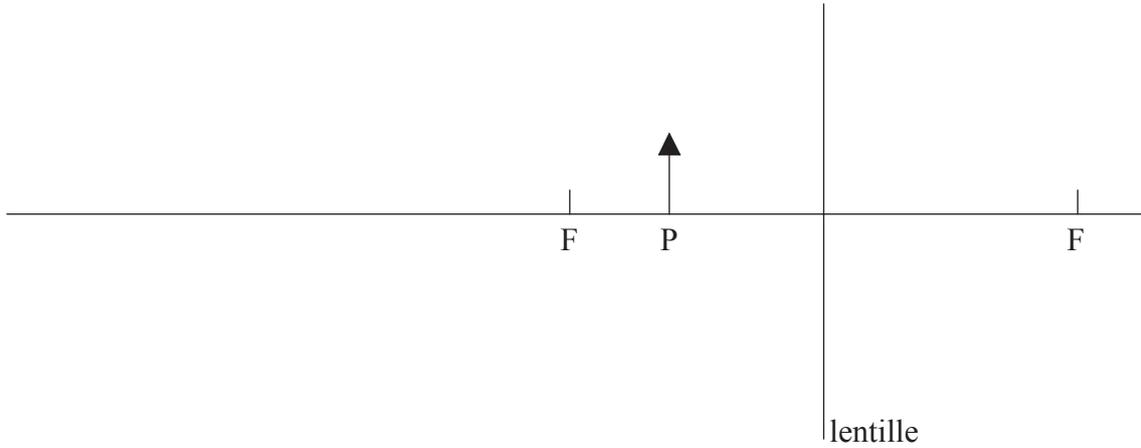
- (i) Sur le schéma ci-dessus, dessinez **deux** rayons pour positionner l'image de l'objet tel qu'il est vu par le plongeur en O. [3]
- (ii) Expliquez pourquoi la surface de l'eau a besoin de ne pas être perturbée pour que l'image soit vue. [1]

.....
.....



H2. Cette question porte sur la formation d’image par une lentille convergente.

Un objet P est placé à proximité d’une lentille convergente, comme illustré sur le schéma ci-dessous. Les foyers principaux F de cette lentille sont indiqués.



(a) Sur le schéma ci-dessus, dessinez des rayons pour positionner l’image formée par la lentille. Désignez cette image par la lettre I. [3]

(b) Le punctum proximum de l’œil d’un observateur est à 25,0 cm de l’œil. La lentille représentée sur le schéma est positionnée à 4,0 cm de la lentille de l’œil de l’observateur, de façon à former une image de l’objet P au punctum proximum. La distance focale de la lentille est de 8,0 cm.

(i) Définissez le terme *punctum proximum*. [1]

.....
.....

(ii) Déterminez la distance entre l’objet et la lentille. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H2)

- (c) (i) Les lentilles sont sujettes à une aberration chromatique et à une aberration sphérique.

Décrivez et expliquez *aberration chromatique* et *aberration sphérique*. [4]

Aberration chromatique :
.....
.....

Aberration sphérique :
.....
.....

- (ii) Suggérez comment les effets de l'aberration sphérique peuvent être réduits. [1]

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



H3. Cette question porte sur la diffraction et la résolution.

Une lumière bleue d'une longueur d'onde de 450 nm provenant d'une étoile passe à travers un télescope ayant une ouverture circulaire de 0,25 m et elle forme une image sur une plaque photographique à 0,75 m de la lentille de focalisation.

(a) (i) Dans l'espace prévu ci-dessous, dessinez un schéma légendé pour montrer les franges d'interférence produites sur la plaque photographique. [2]

(ii) Calculez le diamètre du maximum central sur la plaque photographique. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H3)

(b) Le télescope mentionné dans la partie (a) est alors pointé sur deux étoiles.

La séparation maximum de ces étoiles est d et elles sont toutes les deux à $1,5 \times 10^{17}$ m du télescope.

(i) Déterminez la séparation d de ces étoiles pour que les images de ces étoiles soient juste résolues par une lumière d'une longueur d'onde de 450 nm. [3]

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

(ii) Au cours d'une période de temps, la séparation de ces étoiles varie de $\frac{d}{2}$ à $2d$.

Décrivez et expliquez les changements de l'image produite par le télescope pendant ce temps. Vous devriez inclure des schémas pour illustrer votre réponse. [3]

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

