



PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 3

Mercredi 10 mai 2006 (matin)

1 heure 15 minutes

Numéro de session du candidat

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

INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS

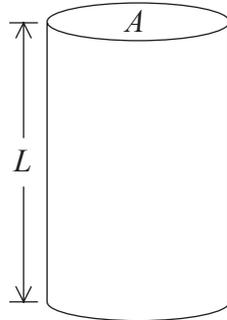
- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Répondez à toutes les questions de deux des options dans les espaces prévus à cet effet.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les lettres des options auxquelles vous avez répondu dans la case prévue à cet effet sur la page de couverture.



Option D — Physique Biomédicale

D1. Cette question porte sur la contrainte dans les os.

Un fragment d'os a une longueur L et une section uniforme A comme illustré ci-dessous.



Des poids sont placés sur l'os jusqu'à ce qu'il se brise. Le poids maximum qui pourrait être supporté est W . Déterminez le poids maximum qui peut être supporté quand toutes les dimensions linéaires de cet os sont doublées. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

D2. Cette question porte sur l'intensité sonore.

(a) Définissez *niveau d'intensité sonore*. [2]

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

(b) L'écouteur d'une radio portable produit $2,8 \times 10^{-7}$ W de puissance sonore. On peut supposer que cette puissance est incidente uniformément sur la membrane du tympan d'une surface de $1,9 \times 10^{-5}$ m². Calculez le niveau d'intensité sonore au niveau de la membrane du tympan. [3]

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

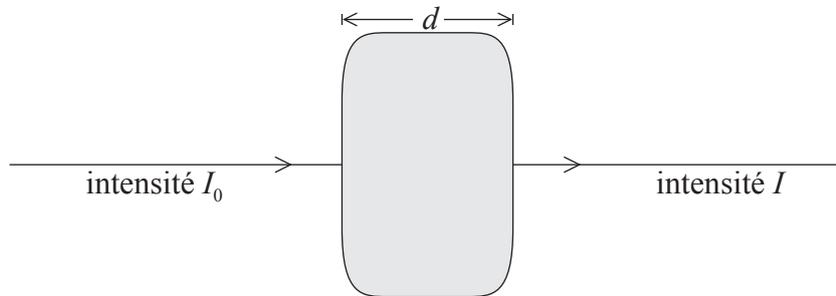
(c) Commentez sur votre réponse à la question (b). [1]

.....
.....

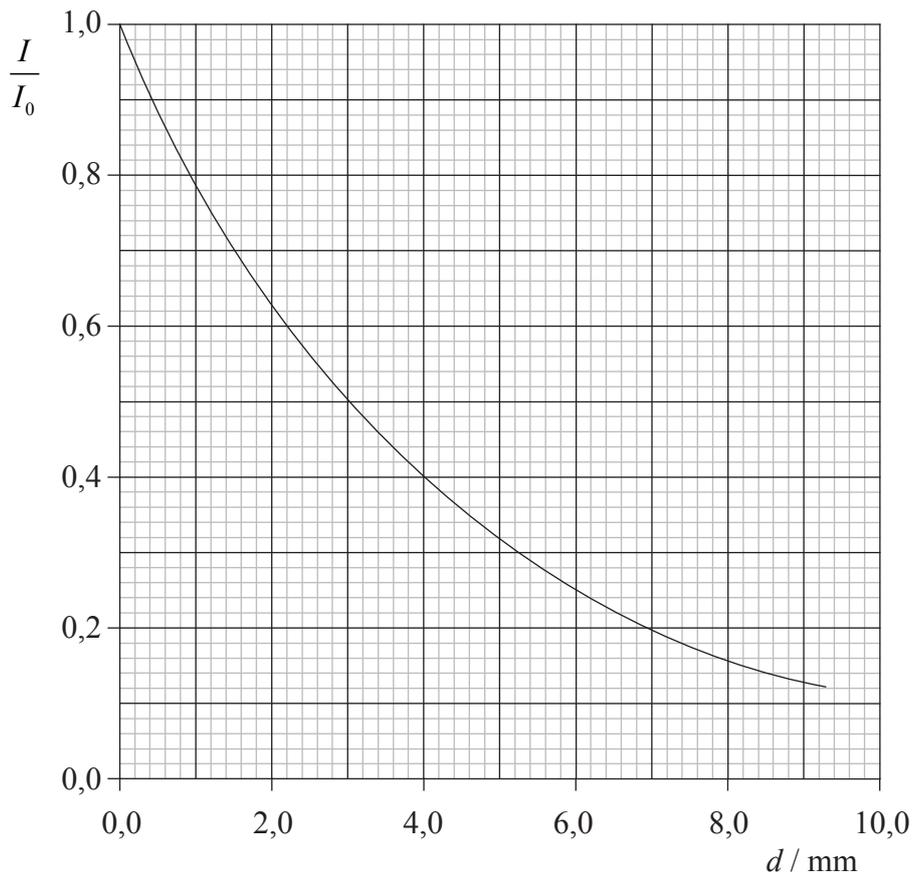


D3. Cette question porte sur l'absorption des rayons X.

Le schéma ci-dessous représente un faisceau parallèle de rayons X incident sur une portion d'os d'une épaisseur d .



L'intensité incidente est I_0 et l'intensité transmise est I . Le graphique ci-dessous montre la variation du rapport $\frac{I}{I_0}$ en fonction de l'épaisseur de l'os d . L'intensité incidente I_0 est constante.



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question D3)

- (a) (i) Estimez la couche de demi-atténuation de l'os. [1]

.....

.....

.....

- (ii) Utilisez votre réponse à la question (i) pour calculer le coefficient d'atténuation des rayons X de cet échantillon d'os. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Pour des rayons X d'une fréquence différente, la fraction $\frac{I}{I_0}$ pour une épaisseur d'os donnée est supérieure à celle représentée sur le graphique. Expliquez l'effet de ce changement sur le coefficient d'atténuation et sur la couche de demi-atténuation calculée en (a). [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Expliquez, en référence aux coefficients d'atténuation, pourquoi on peut utiliser des repas barytés pour faciliter l'imagerie par rayons de l'estomac. [4]

.....

.....

.....

.....

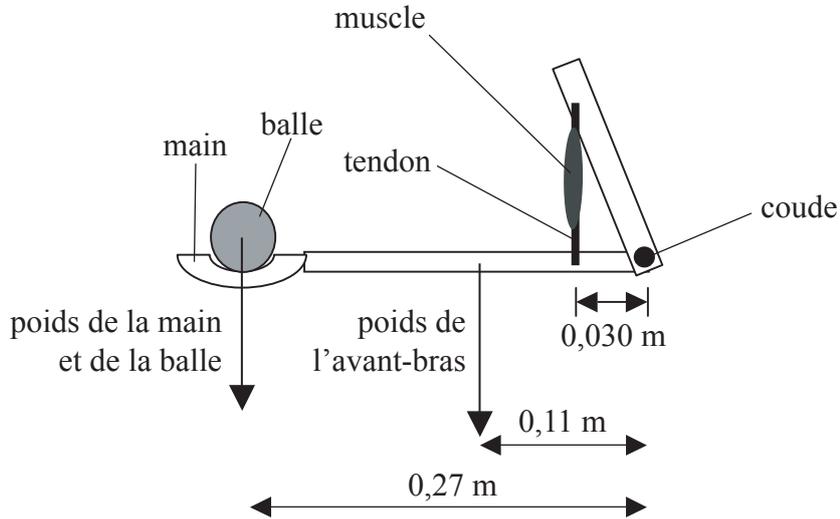
.....

.....



D4. Cette question porte sur la biomécanique.

Le schéma ci-dessous représente l'avant-bras et la main d'un enfant, y compris certains os, un tendon et un muscle. Cet enfant tient une balle tout en maintenant son avant-bras en position horizontale.



L'avant-bras pivote au niveau du coude.

(a) Expliquez pourquoi ce système agit avec une démultiplication par levier inférieure à un. [3]

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

(b) Expliquez l'avantage d'avoir une faible démultiplication par levier pour le système bras-main. [2]

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



D5. Cette question porte sur les effets du rayonnement ionisant sur le corps.

(a) Le terme « dose absorbée » est utilisé dans la dosimétrie du rayonnement.

Citez **trois** facteurs qui affectent la dose absorbée. [3]

1.

2.

3.

(b) Citez et expliquez **deux** précautions possibles qui peuvent être prises pour réduire l'exposition d'un travailleur soumis à des rayonnements, étant donné qu'il est impossible de modifier la durée d'exposition. [2]

1.

.....

.....

.....

2.

.....

.....

.....



Option E — Histoire et Développement de la Physique

E1. Cette question porte sur le mouvement orbital.

(a) Citez **deux** différences entre le modèle du système solaire de Copernic et celui de Kepler. [2]

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

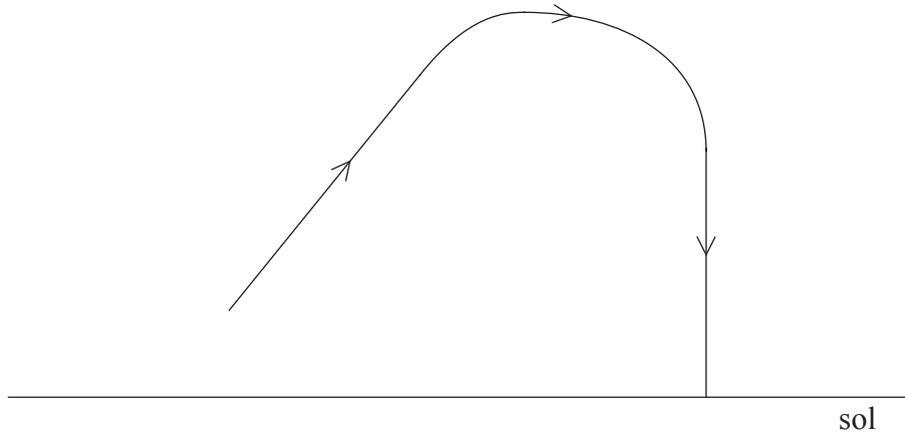
(b) Discutez la contribution de Newton à l'explication des lois de Kepler. [3]

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



E2. Cette question porte sur le point de vue d'Aristote sur le mouvement.

Aristote considérait qu'une balle lancée dans l'air suivait la trajectoire illustrée ci-dessous.



Utilisez le point de vue d'Aristote sur le mouvement pour expliquer la forme de cette trajectoire. [4]

.....

.....

.....

.....

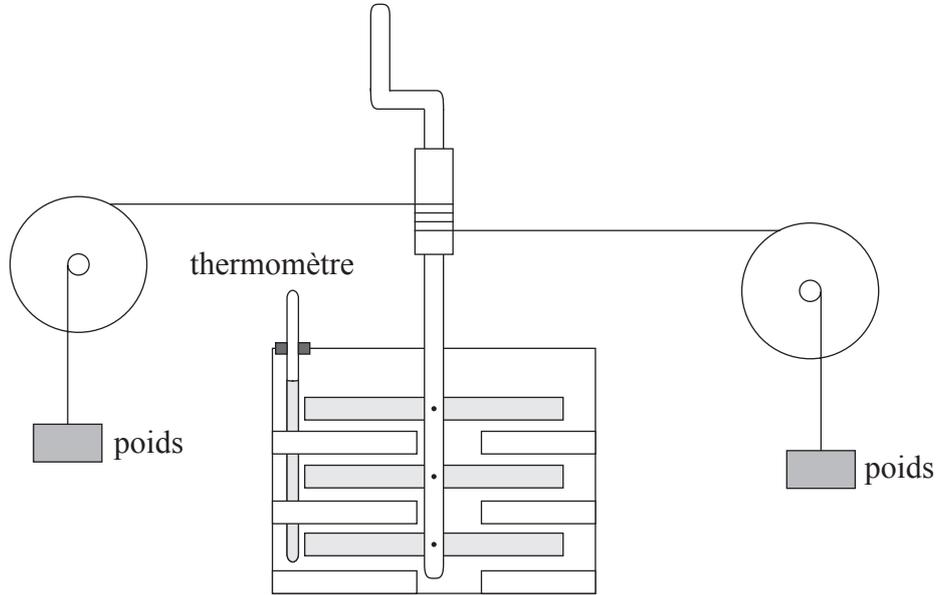
.....

.....



E3. Cette question porte sur l'expérience de Joule.

En 1843, Joule commença une série d'expériences impliquant l'agitation d'eau par un agitateur rotatif à palettes. Un schéma de cet appareil est représenté ci-dessous.



(a) Citez l'objectif de l'expérience de Joule. [1]

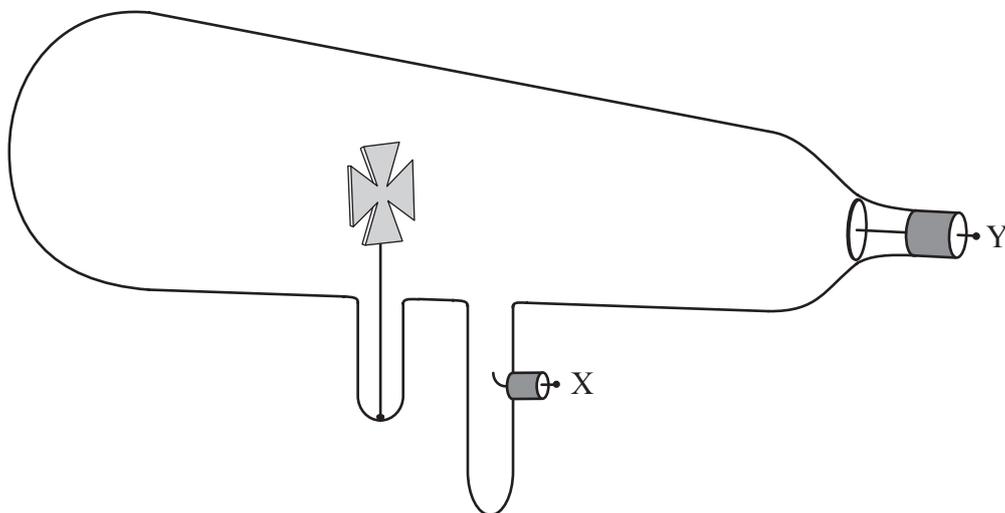
.....

(b) Résumez la procédure expérimentale et les mesures effectuées. [5]

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

E4. Cette question porte sur les rayons cathodiques.

Pour étudier la nature des rayons cathodiques, Crookes utilisa un tube à vide tel que celui illustré par le schéma ci-dessous.



(a) Citez ce qui a été observé quand

(i) une haute tension fut appliquée entre X et Y pour produire des rayons cathodiques. [2]

.....
.....

(ii) un aimant fut ensuite déplacé à proximité de ce tube. [1]

.....
.....

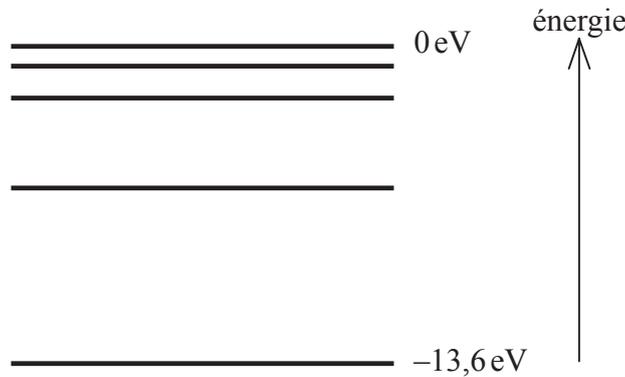
(b) Certains physiciens pensaient que les rayons produits pouvaient être une forme de lumière. Faites des commentaires sur cette suggestion. [2]

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



E5. Cette question porte sur la formule de Rydberg et les modèles atomiques.

Le diagramme ci-dessous représente les quatre niveaux d'énergie électronique les plus bas dans l'atome d'hydrogène et montre aussi la position 0 eV. Les transitions entre ces niveaux d'énergie correspondent à une partie d'une des séries spectrales utilisées par Rydberg dans le développement de sa formule.



(a) Tracez une flèche sur ce diagramme pour représenter la transition qui correspond aux valeurs $m = 2$ et $n = 4$ dans la formule de Rydberg. [2]

(b) Cette transition correspond à une raie spectrale qui a une fréquence de $6,18 \times 10^{14}$ Hz. Déterminez la valeur de la constante de Rydberg. [3]

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

(c) Citez **deux** limitations du modèle de Bohr. [2]

1.
.....
2.
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E5)

(d) Résumez **trois** caractéristiques du modèle de Schrödinger. [3]

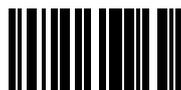
.....

.....

.....

.....

.....



Option F — Astrophysique

F1. Cette question porte sur les étoiles.

- (a) Les étoiles sont très massives. Exprimez pourquoi les étoiles stables ne s’effondrent pas sous la pression de la gravitation. [2]

.....

.....

.....

- (b) Exprimez la différence entre une étoile binaire visuelle et une étoile binaire spectroscopique. [2]

Étoile binaire visuelle :

.....

Étoile binaire spectroscopique :

.....

F2. Cette question porte sur l’étoile Antares.

Dans le tableau ci-dessous sont indiquées des données sur l’étoile Antares. L’angle de parallaxe est mesuré depuis une position idéale où aucune turbulence atmosphérique n’affecte les mesures.

Classe spectrale	M
Angle de parallaxe	$5,0 \times 10^{-3}$ secondes d’arc
Éclat stellaire apparent	$1,6 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}$
Longueur d’onde de l’intensité maximum de lumière émise λ_{max}	935 nm

- (a) Exprimez la couleur d’Antares. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F2)

(b) Déduisez que la distance d'Antares par rapport à la Terre est $6,2 \times 10^{18}$ m. [2]

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

(c) Calculez

(i) la luminosité d'Antares. [3]

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

(ii) la température de surface d'Antares. [2]

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

(d) Le rayon R du Soleil est $7,0 \times 10^8$ m. Utilisez vos réponses à la question (c) pour déduire que le rayon d'Antares est environ $500 R$. [3]

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



F3. Cette question porte sur le paradoxe d’Olbers.

- (a) Newton proposa un modèle de l’univers qui est d’une étendue infinie et dans lequel les étoiles sont distribuées uniformément. Olbers suggéra que, si ce modèle était correct, le ciel ne serait alors jamais noir. Expliquez comment Olbers parvint à cette conclusion. [3]

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

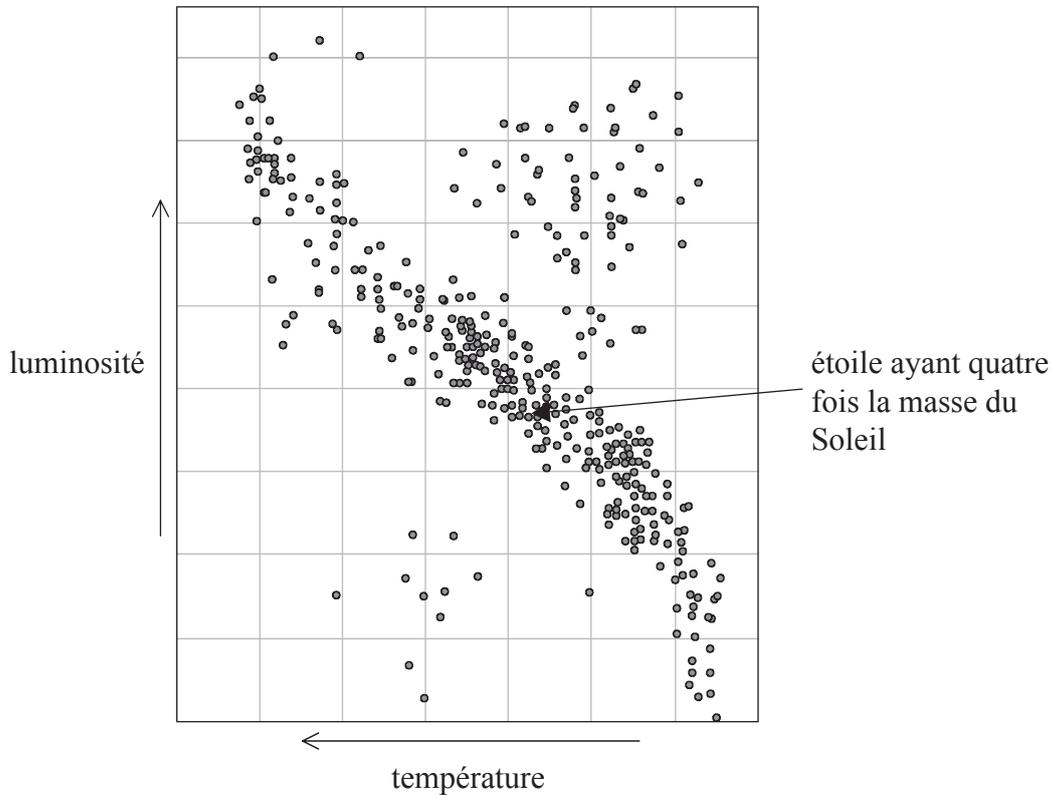
- (b) Suggérez **deux** raisons montrant comment le modèle du big-bang de l’univers explique que le ciel est noir la nuit. [2]

1.
.....
2.
.....



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

Le diagramme de Hertsprung-Russell ci-dessous indique la position d'une étoile sur la séquence principale. Cette étoile a quatre fois la masse du Soleil.



(a) (i) Sur le diagramme de Hertsprung-Russell, tracez le parcours évolutif suivi par cette étoile lorsqu'elle quitte la séquence principale. [2]

(ii) Citez le nom de l'objet en lequel cette étoile finit par se transformer. [1]

.....

(b) Cette étoile finira par provoquer la fusion de la plus grande partie de son hydrogène.

Exprimez

(i) le processus subséquent de fusion qui se produit. [1]

.....
.....

(ii) le produit de fusion final qui se formera dans cette étoile. [1]

.....
.....



F5. Cette question porte sur la loi de Hubble.

- (a) On peut exprimer la loi de Hubble sous la forme $v = H_0 d$. Expliquez ce qu'on entend par le symbole v . [2]

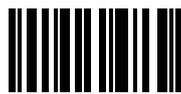
.....
.....
.....

- (b) Déterminez l'âge de l'univers en supposant que la valeur de la constante de Hubble vaut $65 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. [3]

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



Page vierge



Option G — Relativité

G1. Cette question porte sur le temps propre.

Un muon se déplace du sommet de l’atmosphère vers le sol à une vitesse v . Dans le système de référence d’une personne au repos relativement au sol, ce muon met un temps T_g pour atteindre le sol. Dans le système de référence de ce muon, le sol prend un temps T_m pour atteindre le muon.

(a) Expliquez pourquoi le *temps propre* est mesuré par une horloge dans le système de référence du muon. [2]

.....
.....

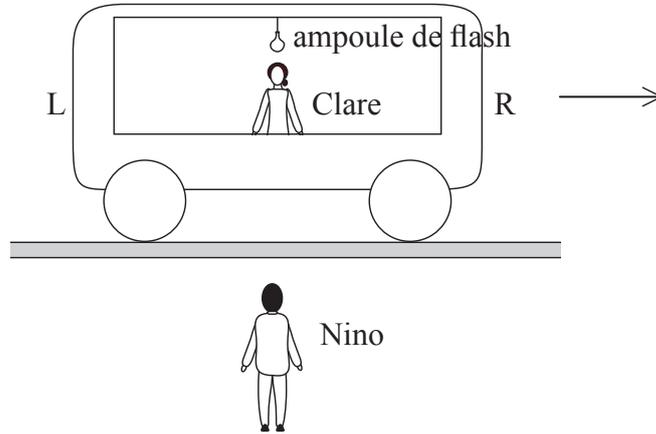
(b) Le temps T_g fut mesuré comme étant $10,2 \mu\text{s}$. La vitesse v est $0,98 c$. Calculez T_m . [2]

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



G2. Cette question porte sur la simultanéité.

Le schéma ci-dessous représente une voiture de chemin de fer se déplaçant vers la droite à une vitesse constante. Une ampoule de flash est suspendue à mi-chemin entre les extrémités L et R de cette voiture. Chaque flash produit des impulsions simples envoyées dans des sens opposés.



Clare est au repos au centre de la voiture. Les impulsions lumineuses émises par l'ampoule de flash sont observées par Clare comme frappant simultanément les parois opposées L et R de la voiture. Nino est au repos sur le sol. Il est en face de Clare au moment où l'ampoule émet un flash.

Exprimez et expliquez si Nino observe que les impulsions frappent L et R simultanément. [3]

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



G3. Cette question porte sur les vitesses relatives.

(a) Décrivez ce qu'on entend par *transformation de Galilée*. [1]

.....
.....

(b) Deux électrons se déplacent en ligne droite l'un vers l'autre. La vitesse de chaque électron relativement à un observateur lié au système de référence du laboratoire est $0,9800 c$.

Calculez la vitesse relative de ces électrons en utilisant

(i) l'équation de transformation de Galilée. [1]

.....
.....

(ii) l'équation de transformation relativiste. [2]

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

(c) Commentez sur vos réponses à la question (b). [2]

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



G4. Cette question porte sur la masse-énergie.

(a) Distinguez l'énergie de masse au repos d'une particule et son énergie totale. [2]

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

(b) La masse au repos d'un proton est $938 \text{ MeV } c^{-2}$. Exprimez la valeur de son énergie de masse au repos. [1]

.....

(c) Un proton est accéléré depuis l'état de repos au moyen d'une différence de potentiel V jusqu'à ce qu'il atteigne une vitesse de $0,980 c$. Déterminez la différence de potentiel V telle qu'elle est mesurée par un observateur au repos dans le système de référence du laboratoire. [4]

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



G5. Cette question porte sur l'espace-temps, l'effet de lentille gravitationnelle et les trous noirs.

(a) Citez **deux** conditions pour que la trajectoire d'une particule soit représentée par une ligne droite sur un diagramme espace-temps. [2]

- 1.
.....
- 2.
.....

(b) (i) Expliquez, à l'aide d'un schéma, ce qu'on entend par *lentille gravitationnelle*. [3]

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

(ii) Résumez **une** preuve expérimentale de l'effet de lentille gravitationnelle. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G5)

(c) Suggérez **deux** raisons pour lesquelles la planète Jupiter ne peut pas devenir un trou noir. [2]

- 1.
.....
- 2.
.....



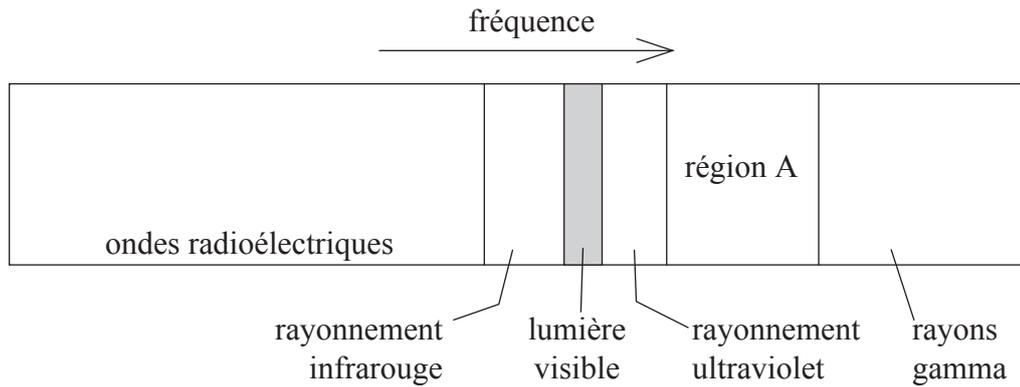
Option H — Optique

H1. Cette question porte sur la nature de la lumière.

(a) Citez le moyen par lequel l'énergie d'une charge électrique oscillante est propagée. [1]

.....

(b) Le diagramme ci-dessous représente le spectre électromagnétique.



Exprimez

(i) le nom de la région A. [1]

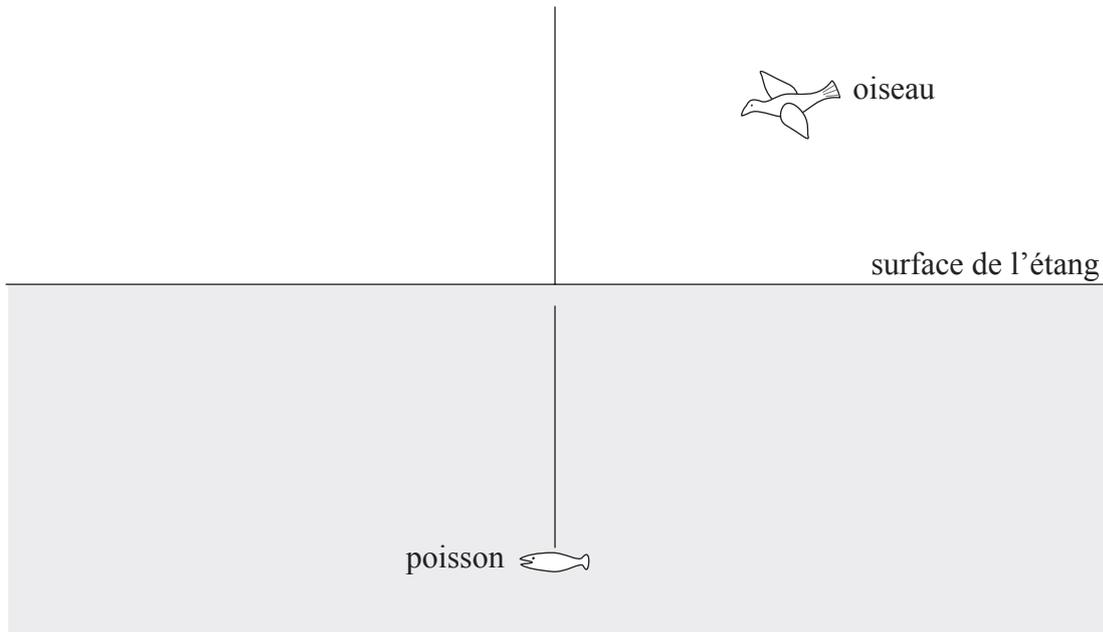
.....

(ii) l'ordre de grandeur de la fréquence de la lumière visible. [1]

.....

H2. Cette question porte sur la réfraction.

Un oiseau plane au-dessus d'un étang. Un poisson se trouve dans l'étang, dans la position illustrée par le schéma ci-dessous.



(a) Tracez des rayons sur le schéma ci-dessus pour indiquer la position de l'image du poisson telle qu'elle est vue par l'oiseau. [3]

(b) Expliquez si l'image du poisson est réelle ou virtuelle. [1]

.....

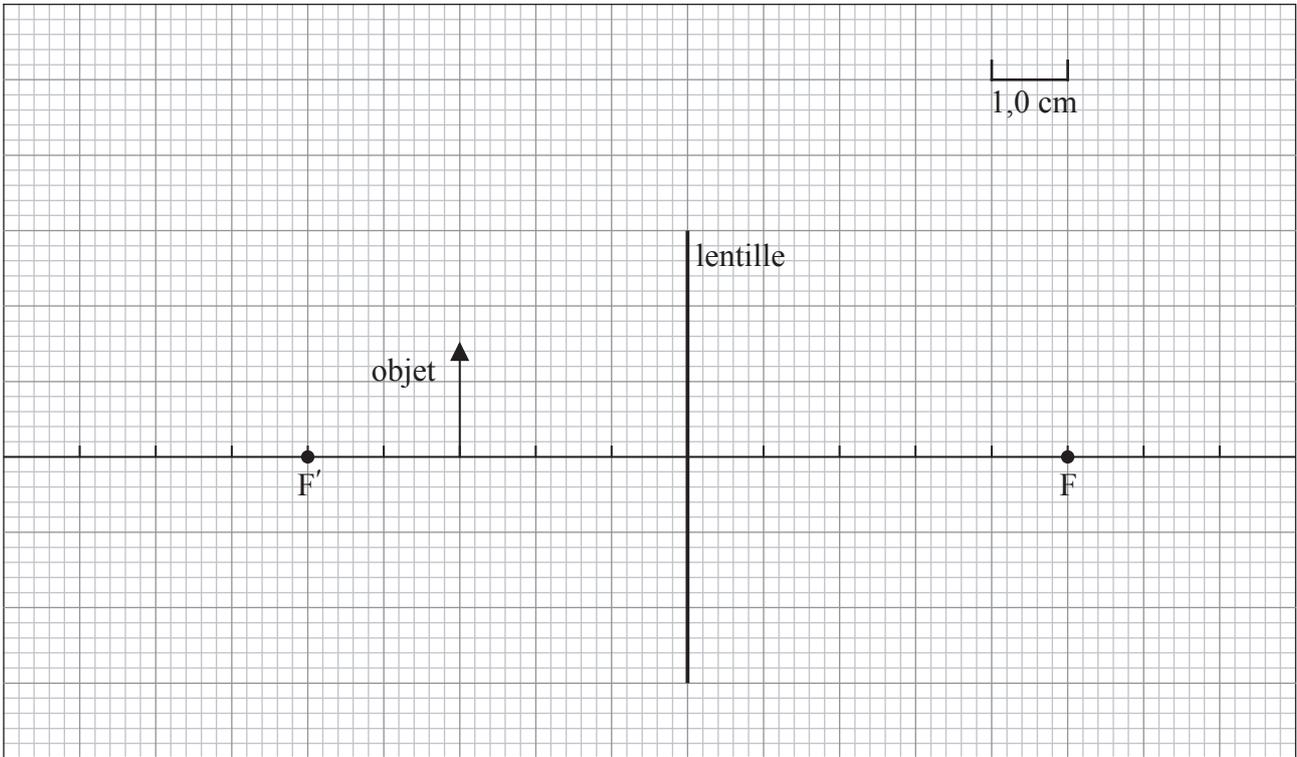
(c) Le poisson se trouve à 48 cm sous la surface de l'étang. L'oiseau plane verticalement au-dessus du poisson. Calculez la profondeur apparente du poisson. L'indice de réfraction de l'eau est 1,3. [2]

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

H3. Cette question porte sur le grossissement.

Un objet est placé à 3,0 cm d'une lentille convergente (convexe) d'une distance focale de 5,0 cm.

- (a) Sur le diagramme ci-dessous, tracez des rayons pour indiquer la position de l'image produite par cette lentille. [3]



- (b) Sur le diagramme ci-dessus, marquez avec la lettre E la position à partir de laquelle cette image devrait être observée. [1]

- (c) Utilisez votre diagramme pour calculer le grossissement de cette image. [2]

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question H3)

(d) Pour obtenir un fort grossissement, on peut utiliser un microscope composé. Ce microscope est constitué par un objectif et par un oculaire.

(i) Citez le type de lentille utilisé **aussi bien** pour l'objectif **que** pour l'oculaire. [1]

.....

(ii) Le grossissement produit par l'objectif est 24. L'image de l'objet produite par cette lentille est située à 3,4 cm de l'oculaire d'une distance focale de 4,0 cm. Déterminez le grossissement de l'image finale produite par ce microscope. [4]

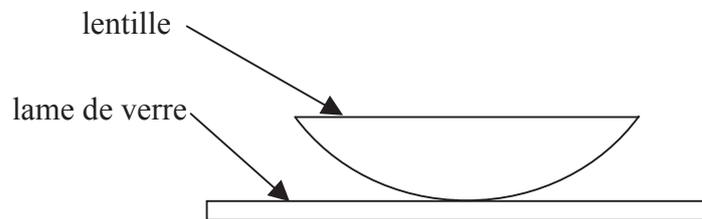
.....
.....
.....
.....
.....



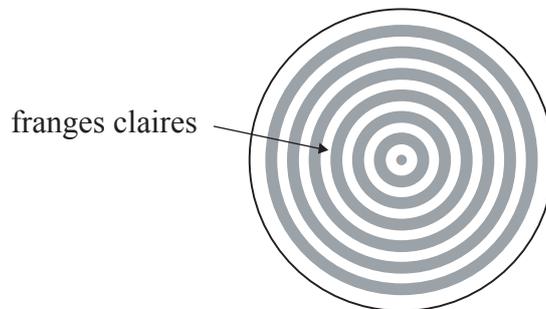
H4. Cette question porte sur une lame en coin.

Un opticien vérifie parfois la forme de la surface d'une lentille en posant la lentille sur une lame de verre et en observant ce montage sous une lumière monochromatique, selon une incidence presque normale, comme illustré par le schéma ci-dessous.

● source lumineuse



Cela produit une figure d'interférence circulaire avec un centre sombre, comme illustré ci-dessous.



Expliquez comment **une** de ces franges claires se produit. Vous pouvez dessiner sur le schéma ci-dessus si vous le souhaitez.

[4]

.....

.....

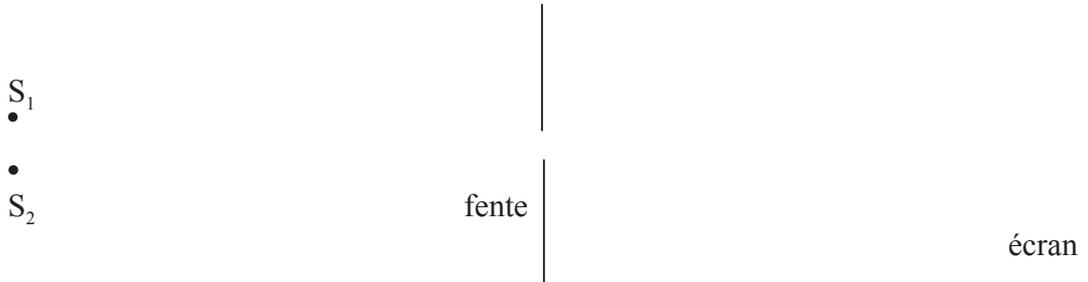
.....

.....

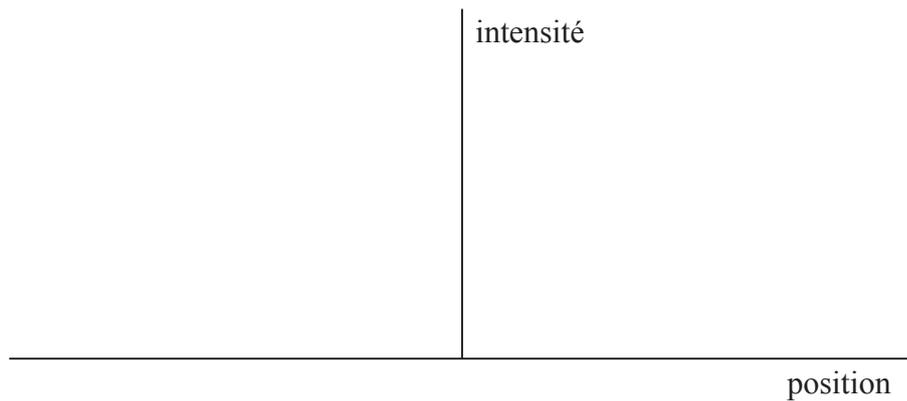
.....

H5. Cette question porte sur le critère de Rayleigh.

- (a) La lumière émise par deux sources ponctuelles éloignées monochromatiques, S_1 et S_2 , est incidente sur une fente étroite. Après être passée à travers cette fente, la lumière est recueillie sur un écran.



Sur les axes ci-dessous, tracez la distribution sur l'écran de l'intensité de la lumière diffractée émise par chaque source lorsque les images de S_1 et S_2 sont juste résolues suivant le critère de Rayleigh. [3]



- (b) Une femme regarde une voiture qui approche dans la nuit. Les ouvertures de ses yeux ont chacune un diamètre de 3,0 mm. Les phares de la voiture sont séparés d'une distance de 1,2 m et émettent une lumière d'une longueur d'onde de 400 nm.

Calculez à quelle distance la voiture se trouve par rapport à la femme lorsque les images des deux phares sont juste résolues. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

