



22136521

**PHYSIQUE**
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 3

Mardi 7 mai 2013 (après-midi)

1 heure 15 minutes

Numéro de session du candidat

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

Code de l'examen

2	2	1	3	–	6	5	2	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

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 [60 points].



0148

Option E — Astrophysique

E1. Cette question porte sur les étoiles.

(a) Définissez *magnitude absolue*.

[1]

.....

.....

(b) Le tableau ci-dessous montre des données pour deux étoiles, X et Y.

	Brillance stellaire apparente / W m^{-2}	Magnitude absolue
Étoile X	$2,5 \times 10^{-8}$	5,4
Étoile Y	$8,1 \times 10^{-9}$	3,6

Utilisez ces données pour expliquer quelle étoile

(i) semble plus brillante depuis la Terre.

[1]

.....

.....

(ii) est plus près de la Terre.

[1]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E1)

(c) La luminosité de l'étoile X est $4,9 \times 10^{30} \text{ W}$ et sa classe spectrale est M.

(i) Déterminez la distance de l'étoile X de la Terre. [2]

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

(ii) Estimez le rayon de l'étoile X. [3]

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

(iii) Suggérez le type de l'étoile X. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E1)

- (d) Résumez comment une étude du spectre de l'étoile X donne des informations sur sa composition chimique. [2]

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

E2. Cette question porte sur la cosmologie.

- (a) Le rayonnement fossile cosmique fut découvert par Penzias et Wilson en 1964. Exprimez **deux** caractéristiques du rayonnement fossile cosmique. [2]

1.

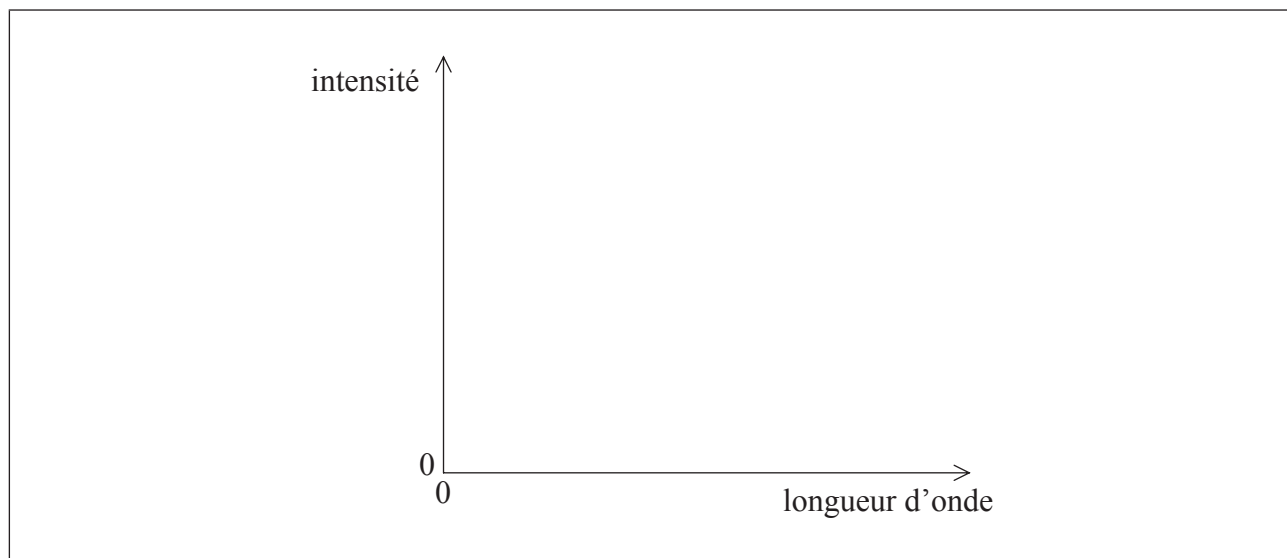
2.

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E2)

- (b) (i) En utilisant les axes ci-dessous, esquissez un graphique pour montrer la variation de l'intensité du rayonnement fossile cosmique en fonction de la longueur d'onde. [2]



- (ii) Expliquez comment on peut utiliser ce graphique pour déterminer la température du rayonnement fossile cosmique. [2]

.....

.....

- (iii) Discutez comment la découverte du rayonnement fossile cosmique fournit des preuves qui soutiennent le modèle du big-bang. [2]

.....

.....

.....

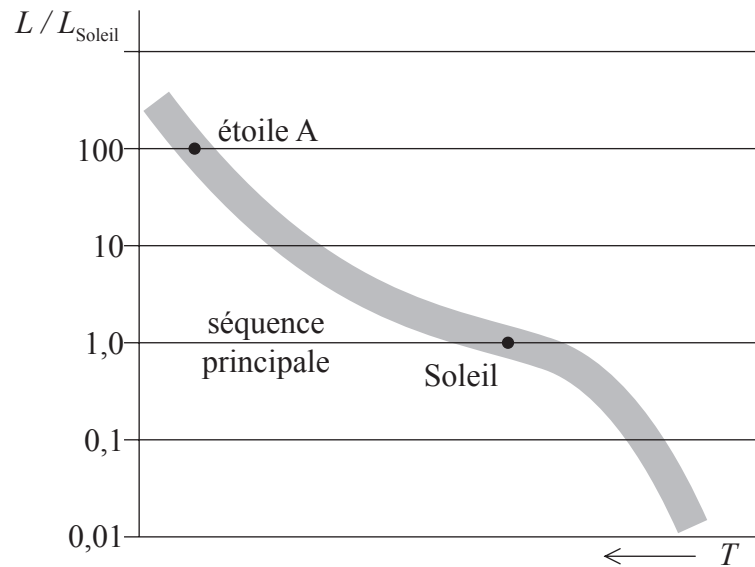
.....

.....



E3. Cette question porte sur l'évolution stellaire.

- (a) Le diagramme de Hertzsprung–Russell (HR) montre le Soleil, une étoile A et la séquence principale.



En utilisant la relation masse–luminosité $L \propto M^{3,5}$, déterminez le rapport entre la masse de l'étoile A et la masse du Soleil. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E3)

- (b) L'étoile A quittera la séquence principale et évoluera pour devenir une étoile à neutrons. Exprimez

- (i) le changement dans l'étoile A qui marque son départ de la séquence principale. [1]

.....

.....

- (ii) la plage de masse d'une étoile à neutrons. [1]

.....

.....



E4. Cette question porte sur la loi de Hubble.

(a) Exprimez la loi de Hubble.

[1]

.....

.....

(b) La lumière provenant de la galaxie M31 reçue sur la Terre présente un décalage vers le bleu correspondant à un décalage de longueur d'onde fractionnaire $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ de 0,001.

(i) Calculez le vecteur vitesse de M31 par rapport à la Terre.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) La distance séparant M31 de la Terre est 0,77 Mpc. Estimez, en utilisant la réponse à la question (b)(i), une valeur de la constante de Hubble.

[1]

.....

.....

(iii) Commentez votre réponse à la question (b)(ii).

[2]

.....

.....

.....

.....



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

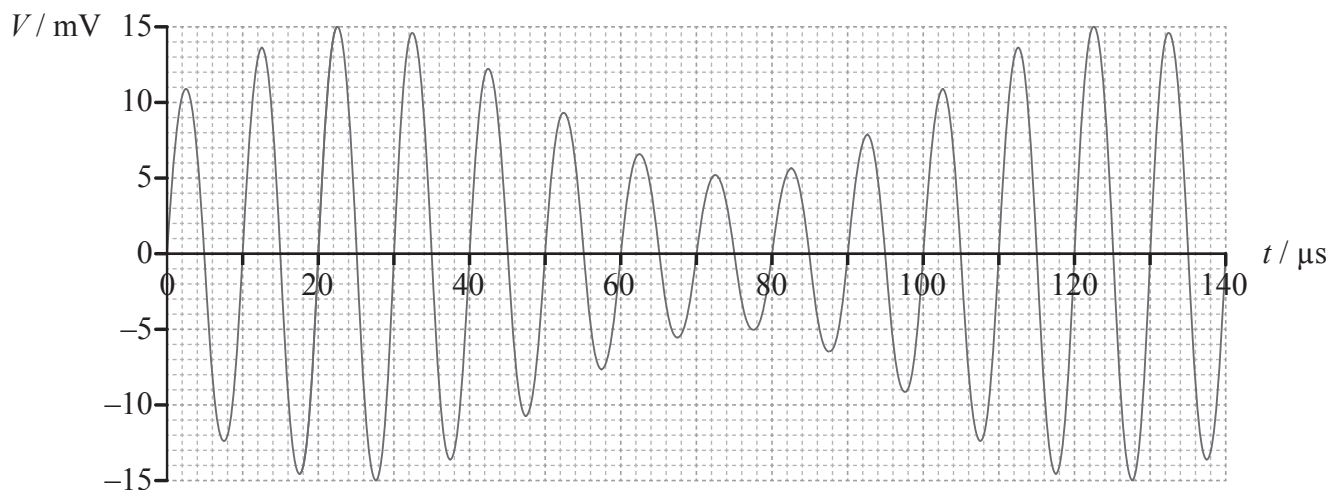
Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



Option F — Communication

F1. Cette question porte sur la modulation.

- (a) Le diagramme ci-dessous montre la variation, en fonction du temps, de la tension d'une onde porteuse modulée en amplitude (AM).



Déterminez

- (i) la fréquence de cette onde porteuse.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) la fréquence de l'onde signal (d'information).

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F1)

(iii) la largeur de bande du signal.

[1]

.....

.....

(iv) l'amplitude de l'onde signal.

[2]

.....

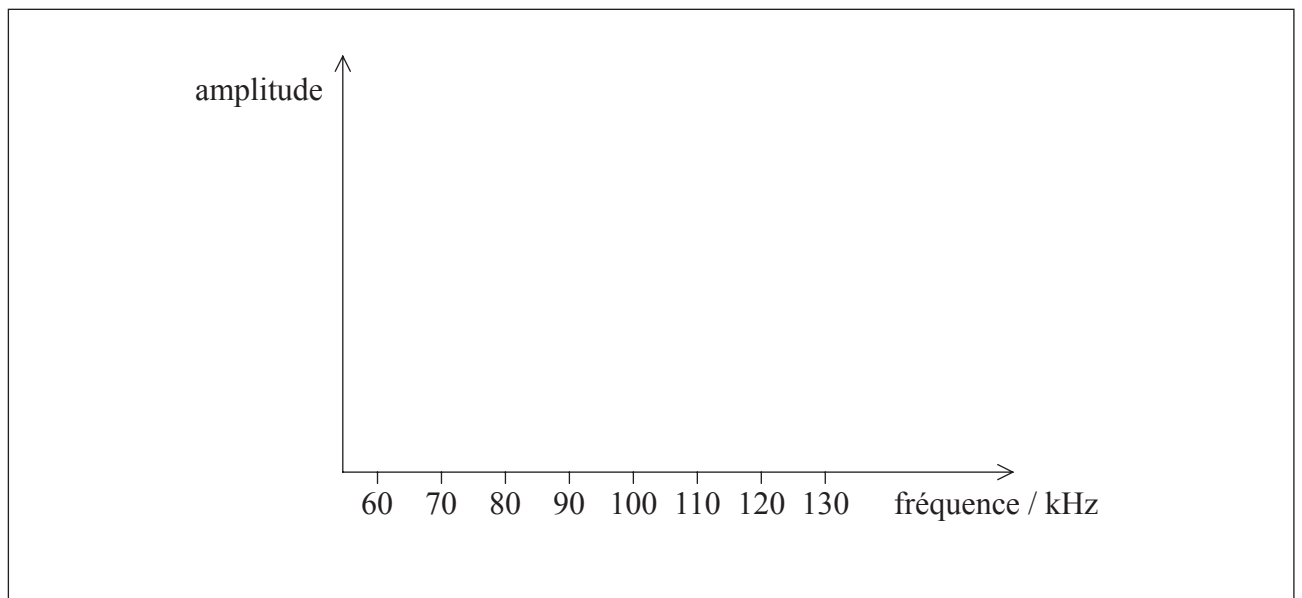
.....

.....

.....

(b) En utilisant les axes ci-dessous, dessinez le spectre de puissance de l'onde porteuse modulée de la question (a).

[2]



F2. Cette question porte sur la transmission numérique.

La fréquence d'échantillonnage dans un convertisseur analogique-numérique (CAN) est 44 kHz.

- (a) En référence à la reconstruction d'un signal analogique, exprimez et expliquez la fréquence maximum qui peut être utilisée par ce système. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Ce CAN produit une sortie parallèle de 32 bits. Calculez

- (i) le débit binaire de la transmission. [1]

.....

- (ii) la durée d'un bit. [1]

.....



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



F3. Cette question porte sur l'atténuation.

(a) Pour un câble en cuivre, exprimez

(i) ce qu'on entend par atténuation.

[1]

.....
.....

(ii) **une** cause de l'atténuation dans ce câble en cuivre.

[1]

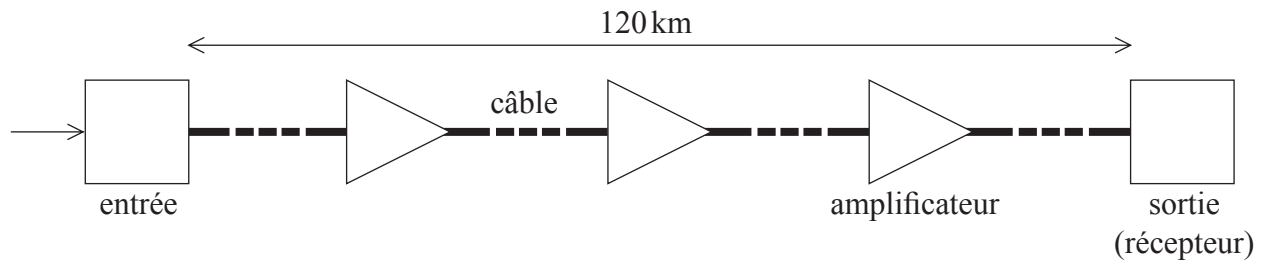
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F3)

- (b) On utilise un câble en cuivre d'une longueur de 120 km pour transmettre un signal. L'atténuation par unité de longueur de ce câble est 15 dB km^{-1} . Des amplificateurs, ayant chacun un gain de 52 dB, sont placés à des intervalles égaux le long du câble.



La puissance du signal d'entrée est 240 mW. La puissance du signal de sortie ne doit pas tomber en dessous de 12 mW.

- (i) Estimez le nombre total d'amplificateurs nécessaires. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Exprimez **un** avantage du remplacement de ce câble par une fibre optique. [1]

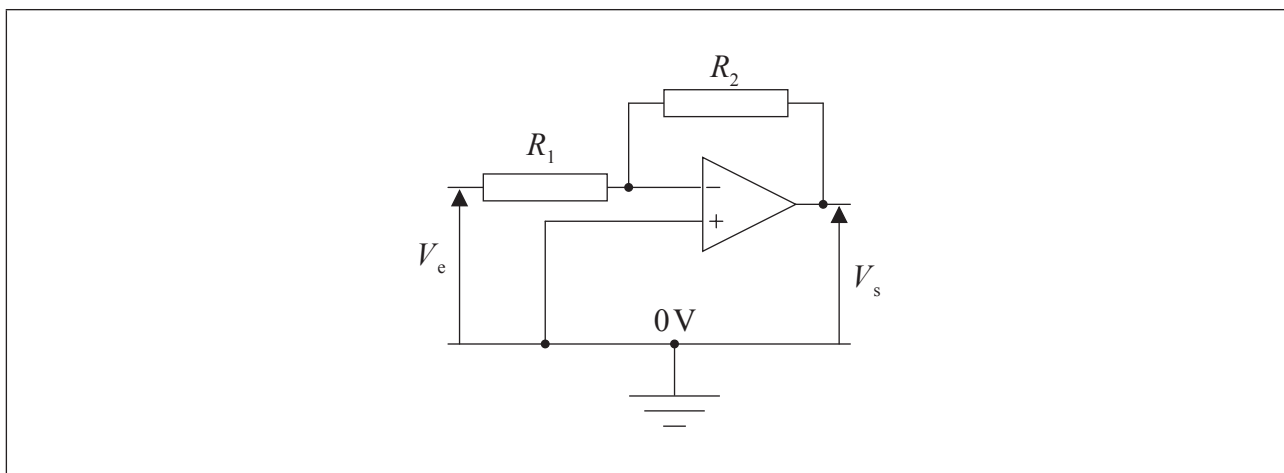
.....

.....



F4. Cette question porte sur l'amplificateur opérationnel (amp. op.).

(a) Le schéma ci-dessous montre le circuit d'un amplificateur inverseur.



(i) Exprimez ce qu'on entend par amplificateur inverseur.

[1]

.....

.....

(ii) Sur le schéma ci-dessus, légendez, avec la lettre V, le point dans le circuit qu'on appelle la terre virtuelle.

[1]

(iii) Montrez que le gain G de cet amplificateur est donné par l'expression $G = -\frac{R_2}{R_1}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F4)

- (b) Dans le circuit de la question (a), la résistance de R_1 est $6,0\text{k}\Omega$ et la résistance de R_2 est $60\text{k}\Omega$. L'amplificateur fonctionne avec une alimentation à $\pm 12\text{V}$. Calculez la valeur de la tension de sortie V_s pour une tension d'entrée V_e de

(i) $0,30\text{V}$.

[1]

.....

.....

(ii) $3,0\text{V}$.

[1]

.....

.....

F5. Cette question porte sur le système de téléphonie mobile.

Une personne fait un appel téléphonique en utilisant un téléphone portable. Expliquez la fonction des stations de base et du central téléphonique cellulaire pendant cet appel téléphonique.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

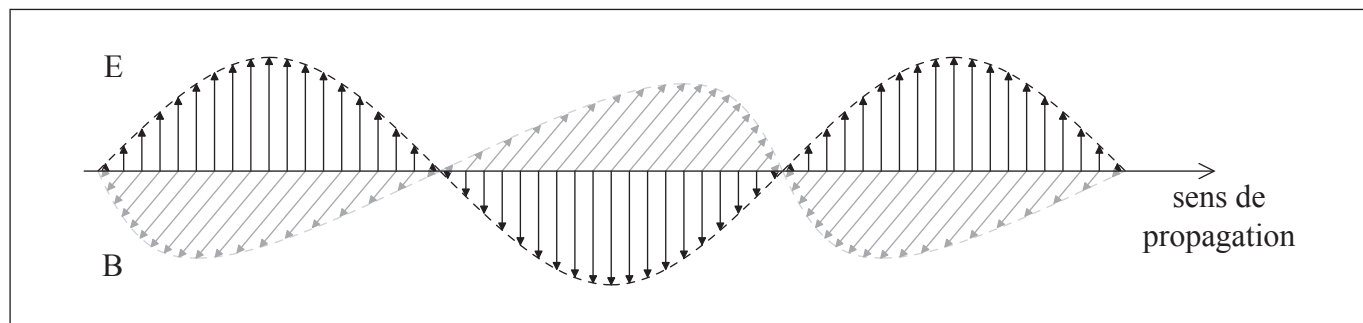
.....



Option G — Ondes électromagnétiques

G1. Cette question porte sur la lumière.

- (a) Le diagramme ci-dessous est une représentation des champs électrique (E) et magnétique (B) oscillants dans une onde électromagnétique dans le vide. Ces champs sont perpendiculaires l'un à l'autre.



- (i) Exprimez le changement éventuel de l'angle entre E et B lorsque l'onde pénètre dans un milieu transparent depuis le vide. [1]

.....

.....

- (ii) Sur le diagramme ci-dessus, légendez une distance qui est égale à une longueur d'onde de cette onde électromagnétique. [1]

- (b) Exprimez **une** propriété commune à toutes les ondes électromagnétiques. [1]

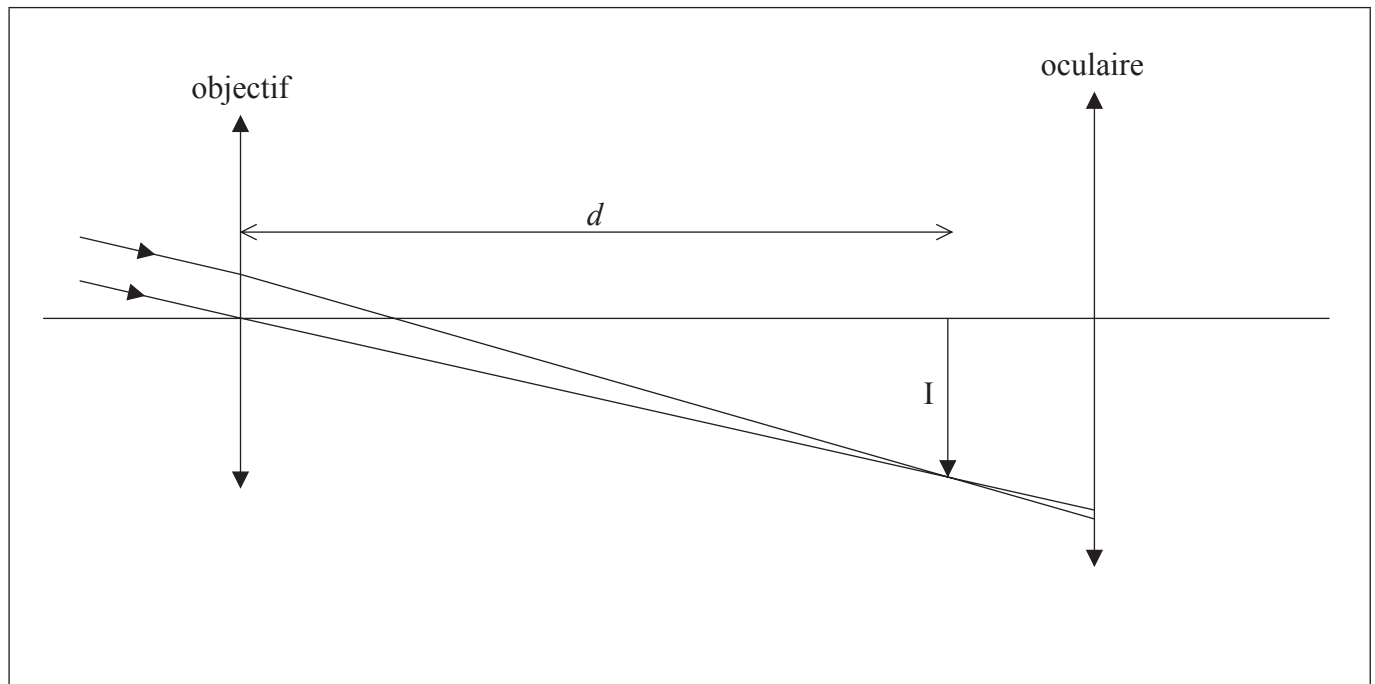
.....

.....



G2. Cette question porte sur un télescope astronomique.

- (a) Le diagramme ci-dessous est un diagramme de rayons partiellement achevé pour un télescope astronomique.



L'image I d'une étoile est formée par l'objectif à une distance d de l'objectif. L'image finale de cette étoile est formée à l'infini.

- (i) Montrez que la distance d est égale à la distance focale de l'objectif. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Sur le diagramme, légendez les **deux** foyers de l'oculaire avec les lettres F_1 et F_2 respectivement. [1]
- (iii) Sur le diagramme, construisez des lignes pour montrer comment l'image finale de cette étoile est formée à l'infini. [3]
- (iv) Le grossissement angulaire de ce télescope est défini comme $M = \frac{\theta_2}{\theta_1}$. Sur le diagramme, légendez les angles θ_1 et θ_2 . [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G2)

- (b) Dans un télescope astronomique particulier réglé normalement, la distance focale de l'objectif est 26 cm et la distance focale de l'oculaire est 4,0 cm. On utilise ce télescope pour regarder un ballon sonde météorologique éloigné dont le diamètre angulaire à l'œil nu est $2,2^\circ$. Déterminez le diamètre angulaire de l'image de ce ballon sonde météorologique formée par le télescope.

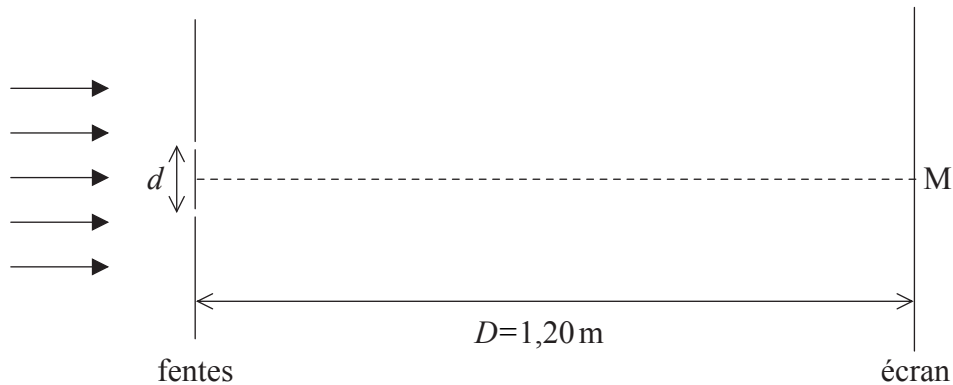
[2]

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



G3. Cette question porte sur l'interférence.

- (a) Une lumière monochromatique cohérente est incidente normalement sur deux fentes parallèles très étroites dont la largeur est petite par rapport à leur séparation. Après être passée à travers ces fentes, cette lumière est incidente sur un écran. Le point médian de cet écran est en M.



La distance D entre les fentes et l'écran est 1,20 m. La séparation des fentes d est 0,150 mm.

- (i) Expliquez pourquoi l'intensité de la lumière en M est un maximum. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Le point P est le point le plus proche de M sur l'écran où l'intensité de la lumière est un minimum. La distance MP est 2,62 mm. Calculez la longueur d'onde de la lumière. [2]

.....

.....

.....

.....

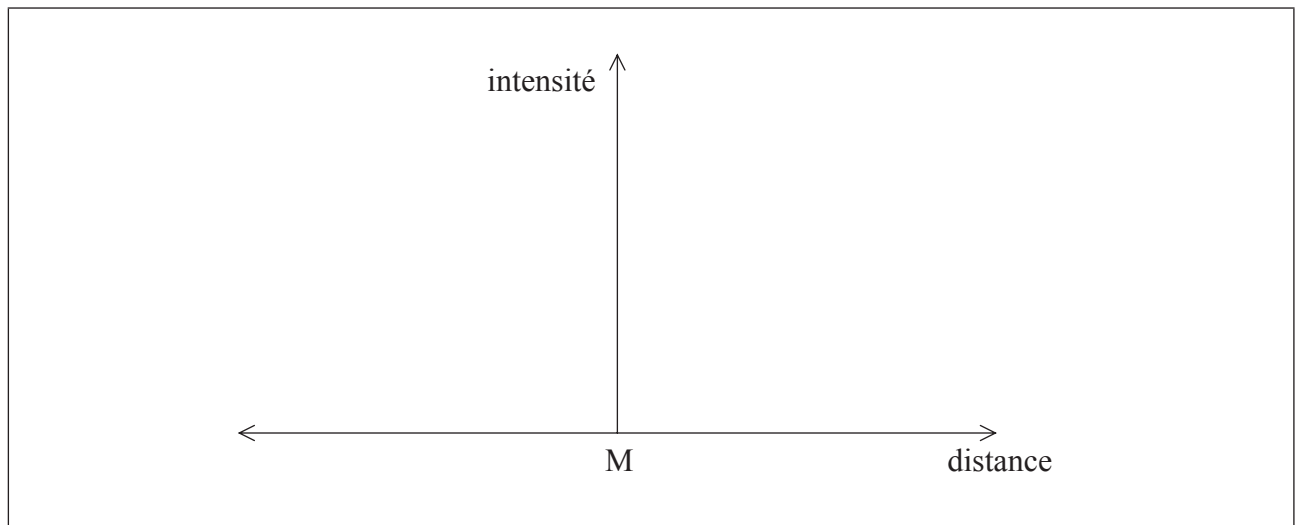
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G3)

- (b) En utilisant les axes ci-dessous, esquissez un graphique pour montrer la variation de l'intensité de la lumière en fonction de la distance le long de l'écran. [2]



- (c) Le nombre de fentes est fortement augmenté, chacune ayant la même séparation que pour la question (a). Décrivez les différences éventuelles dans la distribution de l'intensité dans la question (b). [2]

.....

.....

.....

.....



G4. Cette question porte sur les rayons X.

- (a) (i) Un tube à rayons X fonctionne à une tension d'accélération de 28 kV. Montrez que la longueur d'onde minimum λ_{\min} des rayons X produits est $4,4 \times 10^{-11}$ m. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Exprimez pourquoi aucun rayon X d'une longueur d'onde plus petite que λ_{\min} n'est produit dans ce tube à rayons X. [1]

.....

.....

- (b) Des rayons X d'une longueur d'onde de $\lambda = 4,4 \times 10^{-11}$ m sont incidents sur un plan cristallin. On observe un fort faisceau de rayons X réfléchi de premier ordre lorsque les rayons X font un angle de 11° avec ce plan cristallin. Calculez la séparation des plans cristallins. [2]

.....

.....

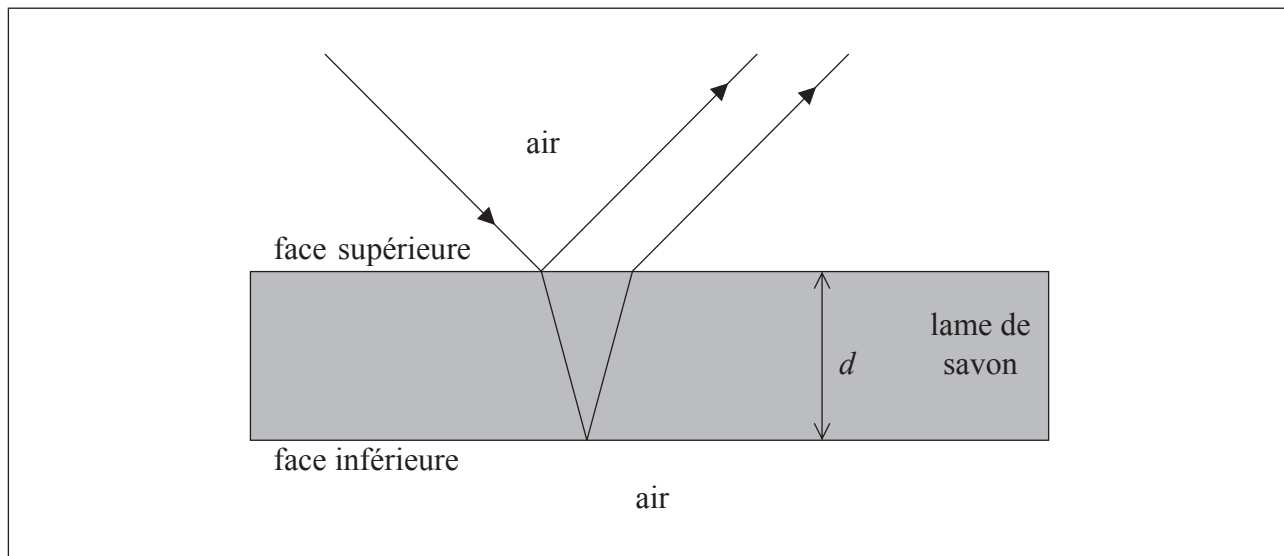
.....

.....



G5. Cette question porte sur l'interférence avec lames minces.

- (a) Un rayon de lumière monochromatique est incident sur une lame mince d'eau de savon qui est suspendue dans l'air. Le diagramme ci-dessous montre la réflexion de ce rayon depuis les faces supérieure et inférieure de cette lame.



Sur ce diagramme, légendez, avec la lettre P, le point auquel une différence de phase de π se produit.

[1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G5)

- (b) Une lumière blanche est incidente normalement sur la lame de savon. L'épaisseur d de cette lame de savon est 225 nm et son indice de réfraction est 1,34.

- (i) Montrez que la longueur d'onde la plus longue de la lumière λ dans l'air pour laquelle il se produit une interférence destructive des rayons réfléchis est 603 nm. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Expliquez pourquoi cette lame de savon apparaîtra colorée. [2]

.....

.....

.....

.....



Option H — Relativité

H1. Cette question porte sur la cinématique relativiste.

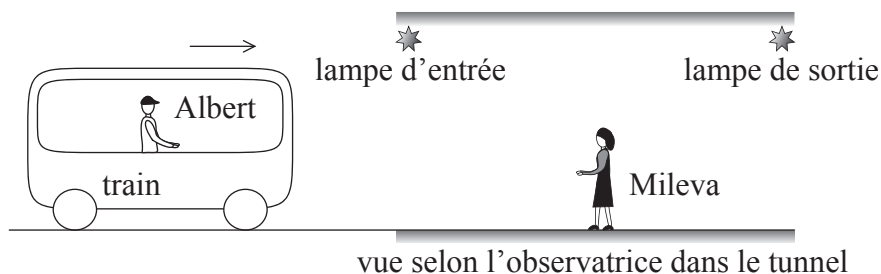
(a) Définissez *longueur propre*.

[1]

.....

.....

(b) Albert est au repos dans un train approchant d'un tunnel. Mileva est dans le tunnel à mi-chemin entre les lampes d'entrée et de sortie aux extrémités de ce tunnel.



La longueur propre du train est 120 m et la longueur propre du tunnel est 72 m. Le train se déplace avec une vitesse de $0,80c$ par rapport au tunnel. Calculez

(i) le facteur gamma pour une vitesse de $0,80c$.

[1]

.....

.....

(ii) la longueur du train selon Mileva.

[1]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H1)

(iii) la longueur du tunnel selon Albert.

[1]

.....
.....

(c) On allume les lampes dans le tunnel. Selon Mileva, ces lampes s'allument simultanément. Expliquez pourquoi, selon Albert, la lampe d'entrée s'allume après la lampe de sortie.

[3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H1)

- (d) Les schémas ci-dessous illustrent deux événements. Dans l'événement 1, le train de la question (b) est sur le point de sortir du tunnel et, dans l'événement 2, le train vient de sortir du tunnel. La longueur propre du train est 120 m et la longueur propre du tunnel est 72 m.



Déterminez le temps entre ces deux événements selon

- (i) Mileva.

[1]

.....

.....

.....

- (ii) Albert.

[2]

.....

.....

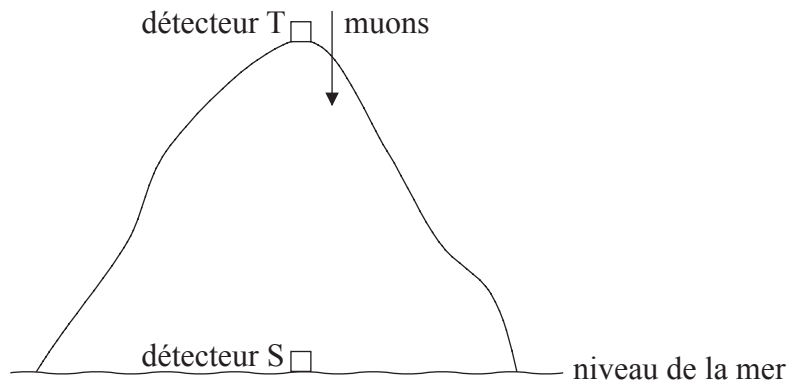
.....

.....



H2. Cette question porte sur des expériences de désintégration de muons.

Des muons créés haut dans l'atmosphère descendent verticalement vers la surface de la Terre. Un détecteur de muons T est placé au sommet d'une montagne et un autre détecteur, le détecteur S, est placé au niveau de la mer.



Le détecteur T détecte 570 muons par heure. Dans le système de repos des muons, leur demi-vie est $1,5 \mu\text{s}$. Selon un observateur, au repos sur la montagne, les muons prennent $6,0 \mu\text{s}$ pour se déplacer du détecteur T au détecteur S.

- (a) Montrez que, si les muons bougeaient à une vitesse non relativiste, le nombre de muons détectés au niveau de la mer serait environ 36 par heure.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H2)

- (b) Les muons de la question (a) se déplacent vers la surface de la Terre avec une vitesse relativiste de $0,968c$.

- (i) Déterminez la demi-vie de ces muons selon l'observateur au repos sur la montagne. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Le nombre de muons observés au détecteur S est 285 par heure. Expliquez, en utilisant vos réponses aux questions (a) et (b)(i), comment cette observation fournit des preuves de la dilatation du temps. [2]

.....

.....

.....

.....



H3. Cette question porte sur la mécanique relativiste.

Un proton, après avoir été accéléré depuis l'état de repos au moyen d'une différence de potentiel V , a une quantité de mouvement de 1600 MeVc^{-1} .

(a) Calculez la valeur de V .

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Calculez la vitesse de ce proton après l'accélération.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



H4. Cette question porte sur la relativité générale.

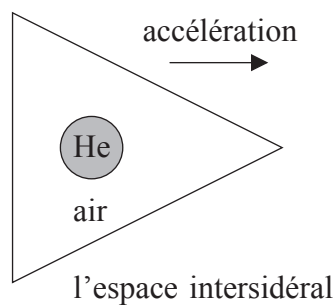
(a) Exprimez le principe d'équivalence.

[1]

.....

.....

(b) Un ballon rempli d'hélium flotte dans l'air à l'intérieur d'un vaisseau spatial dans l'espace intersidéral. Ce vaisseau spatial commence à accélérer vers la droite.



Expliquez, en référence au principe d'équivalence, le mouvement éventuel du ballon d'hélium par rapport au vaisseau spatial.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

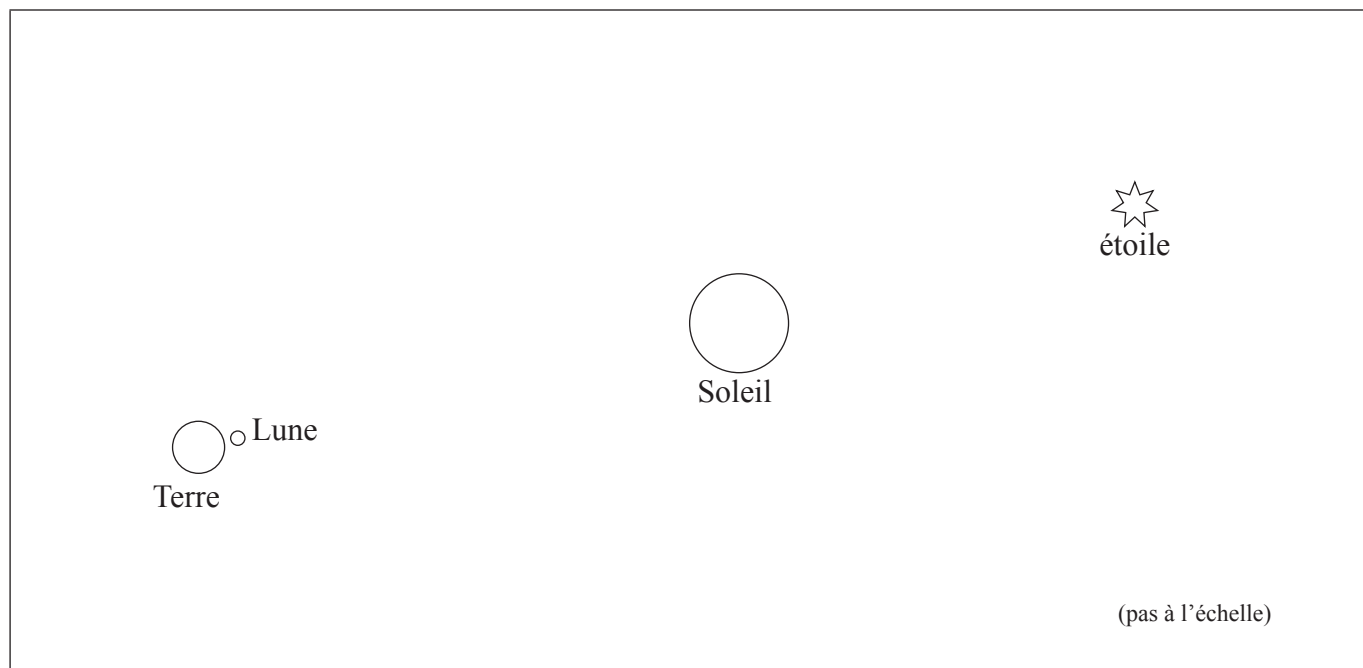
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H4)

- (c) Dans une expérience, pour vérifier la courbure de la lumière alors qu'elle passe près du Soleil, on a mesuré la position d'une étoile pendant une éclipse totale du Soleil.



- (i) Expliquez pourquoi on a mesuré la position de cette étoile pendant une éclipse totale du Soleil. [1]

.....

.....

- (ii) Sur le schéma ci-dessus, dessinez des lignes pour déterminer la position apparente de l'étoile vue de la Terre. [1]

- (iii) Exprimez quelle autre mesure il faut faire afin de déterminer l'angle selon lequel les rayons provenant de l'étoile sont courbés par le Soleil. [1]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H4)

- (iv) L'angle de courbure d'un rayon de lumière provenant de l'étoile qui effleure juste la surface du Soleil est θ . Exprimez et expliquez l'effet éventuel sur θ si on remplaçait le Soleil par une autre étoile d'un rayon égal mais d'une masse plus grande.

[2]

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



Option I — Physique médicale

II. Cette question porte sur l'audition.

(a) Définissez *niveau d'intensité acoustique*.

[1]

(b) Un étudiant se trouve à une distance de 12m d'un groupe de rock dans un concert. Le niveau d'intensité acoustique à l'oreille de cet étudiant est 105 dB. La surface de la membrane du tympan de cet étudiant est 58 mm².

(i) Montrez que la puissance incidente sur la membrane du tympan de l'étudiant est 1,8 μW.

[2]

(ii) Calculez la distance du groupe à laquelle l'étudiant doit se tenir de façon à ce que le niveau d'intensité acoustique soit réduit à 90 dB.

[3]



I2. Cette question porte sur les rayons X.

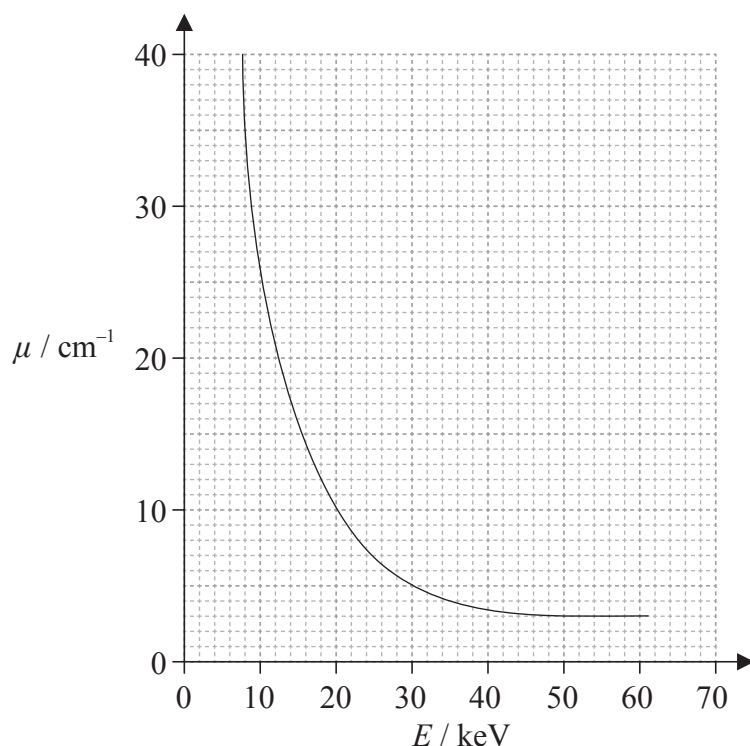
(a) Définissez *coefficient d'atténuation*.

[1]

.....

.....

(b) Le graphique ci-dessous montre comment le coefficient d'atténuation μ d'un muscle varie en fonction de l'énergie E du photon.



Dans l'imagerie radiologique, les photons d'une énergie inférieure à 20 keV sont filtrés hors du faisceau.

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question I2)

- (i) Expliquez, en référence au graphique, pourquoi cela n'affecte pas sensiblement la qualité de l'image radiologique produite. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Exprimez l'avantage pour le patient du filtrage des photons à faible énergie hors du faisceau de rayons X. [1]

.....

.....

- (iii) Calculez la fraction de l'intensité transmise à travers 3,0 mm de muscle pour des rayons X d'une énergie de 50 keV. [2]

.....

.....

.....

.....



I3. Cette question porte sur l'imagerie par résonance magnétique nucléaire (RMN).

(a) Résumez les principes physiques de l'imagerie RMN.

[5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Exprimez **deux** avantages de l'imagerie RMN par rapport à l'imagerie par tomographie assistée par ordinateur.

[2]

1.

.....

2.

.....



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



I4. Cette question porte sur le rayonnement et la dosimétrie.

- (a) Suggérez pourquoi il est souhaitable qu'un radio-isotope soit un émetteur gamma si on doit l'utiliser pour des besoins diagnostiques. [2]

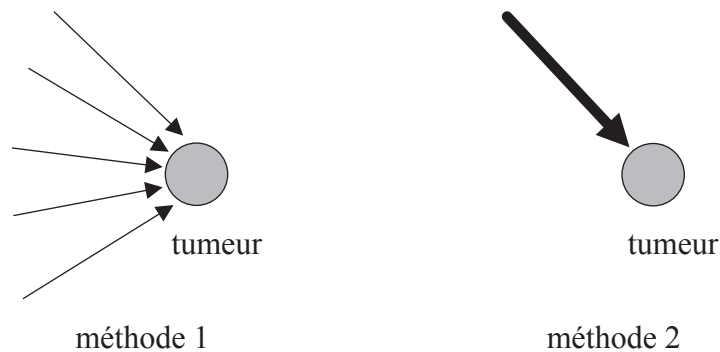
.....

.....

.....

.....

- (b) Deux méthodes de radiothérapie impliquent des rayons gamma. Dans la méthode 1, la tumeur est irradiée avec beaucoup de faisceaux fins venant de différentes directions. Dans la méthode 2, la tumeur est irradiée par un seul faisceau ayant la même énergie totale que les faisceaux dans la méthode 1.



Suggérez et expliquez un avantage, pour le patient, de la méthode 1 par rapport à la méthode 2. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question I4)

- (c) On injecte une quantité de technétium-99^m chez un patient. Le technétium se désintègre par émission de photons gamma. La période radioactive physique du technétium est 6,0 heures et sa période radioactive biologique est 60 heures.

- (i) Distinguez entre période radioactive physique et période radioactive biologique. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Montrez que la période radioactive effective du technétium est 5,5 heures. [1]

.....

.....

- (iii) Les données suivantes sont disponibles pour un patient chez qui on a injecté du technétium.

Masse du patient	=72 kg
Activité moyenne du technétium	=350 MBq
Énergie de chacun des photons émis	=140 keV
Facteur de qualité pour le rayonnement gamma	=1

- Déterminez l'équivalent de dose reçu par le patient en 5,5 heures. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Option J — Physique des particules

J1. Cette question porte sur les quarks et les interactions.

- (a) Distinguez entre la structure en quarks d'un baryon et d'un méson. [1]

.....

.....

- (b) Calculez la grandeur du plus petit spin non nul qu'une particule puisse avoir. [1]

.....

.....

- (c) (i) Exprimez le principe d'exclusion de Pauli. [1]

.....

.....

- (ii) Le hadron Δ^{++} consiste en trois quarks u et il a un spin de $\frac{3}{2}$.

Expliquez comment il est possible pour les quarks dans Δ^{++} de ne pas violer le principe de Pauli. [2]

.....

.....

.....

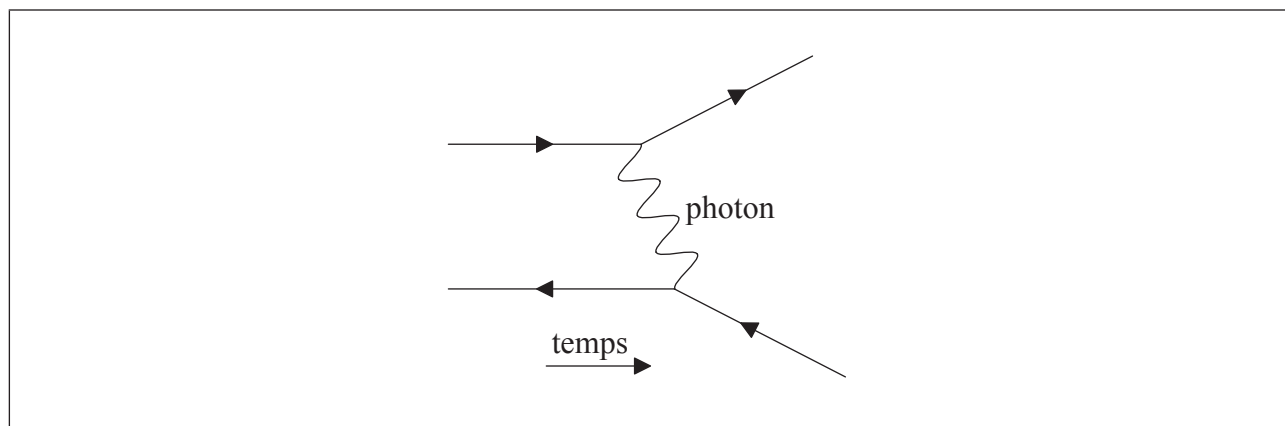
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question J1)

- (d) Le diagramme de Feynman représente la diffusion électromagnétique d'un électron et d'un positron.



- (i) Identifiez un positron sur le diagramme ci-dessus en le légendant avec e^+ . [1]
- (ii) Exprimez et expliquez la portée de cette interaction. [2]

.....

.....

- (e) Les réactions suivantes n'ont jamais été observées. Pour chaque réaction, exprimez **une** loi de conservation qui serait violée si ces réactions se produisaient. [2]

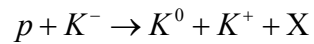
$e^+ + e^+ \rightarrow p^+ + p^+$

$e^- + \nu \rightarrow e^+ + \bar{\nu}$



J2. Cette question porte sur la production de particules.

- (a) Lors d'une expérience particulière, des mésons kaons mobiles entrent en collision avec des protons immobiles. La réaction suivante a lieu :



X étant une particule inconnue. Ce processus implique l'interaction forte. La structure en quarks des kaons est $K^- = \bar{u}s$, $K^0 = d\bar{s}$ et $K^+ = u\bar{s}$.

- (i) Exprimez l'étrangeté de la particule inconnue X. [1]

.....

.....

- (ii) La particule X est un hadron. Exprimez et expliquez si X est un méson **ou** un baryon. [2]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question J2)

- (b) Les masses des particules impliquées dans cette réaction sont indiquées ci-dessous.

$$\begin{aligned} p &= 938 \text{ MeV c}^{-2} \\ K^- &= 494 \text{ MeV c}^{-2} \\ K^0 &= 498 \text{ MeV c}^{-2} \\ K^+ &= 494 \text{ MeV c}^{-2} \end{aligned}$$

Pour que cette réaction ait lieu, la particule K^- doit être accélérée jusqu'à une énergie totale minimum E d'environ 3170 MeV. Déterminez la masse de la particule X. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) On peut détecter les particules produites par des collisions telles que celle dans la question (a) en utilisant une chambre à fils. Résumez le fonctionnement d'une chambre à fils. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



J3. Cette question porte sur le modèle standard des particules.

(a) Résumez ce qu'on entend par liberté asymptotique.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Décrivez les preuves expérimentales de la liberté asymptotique.

[2]

.....

.....

.....

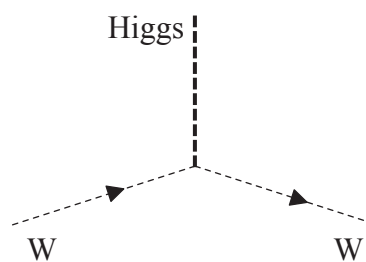
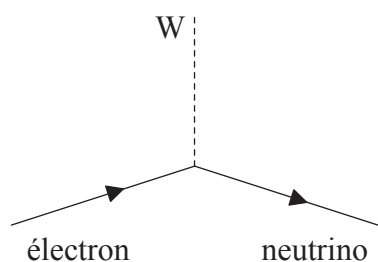
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question J3)

- (c) Les deux diagrammes ci-dessous représentent des vertex de l'interaction faible impliquant le boson de Higgs postulé.



Le boson de Higgs et le boson W sont des particules instables. Utilisez ces vertex d'interaction pour construire un diagramme de Feynman pour la désintégration d'un boson de Higgs en des particules stables.

[2]

Higgs



J4. Cette question porte sur l'univers primitif.

- (a) Déterminez la température à laquelle des fluctuations thermiques pourraient créer une paire électron-positron à partir du vide. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Des paires électron-positron sont produites à des températures plus basses que celles dans la réponse à la question (a). Expliquez cette observation. [2]

.....

.....

.....

.....

