



22126521

**PHYSIQUE**  
**NIVEAU SUPÉRIEUR**  
**ÉPREUVE 3**

Vendredi 11 mai 2012 (matin)

1 heure 15 minutes

Numéro de session du candidat

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

Code de l'examen

2	2	1	2	–	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].



0144

**Option E — Astrophysique**

**E1.** Cette question porte sur quelques-unes des propriétés de l'étoile Aldébaran et aussi sur les distances galactiques.

(a) Aldébaran est une géante rouge dans la constellation du Taureau.

(i) Décrivez les différences entre une constellation et un amas stellaire.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Définissez la *luminosité* d'une étoile.

[1]

.....

.....

(iii) La brillance stellaire apparente d'Aldébaran est  $3,3 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$  et la luminosité du Soleil est  $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$ . La luminosité d'Aldébaran est 370 fois celle du Soleil. Montrez qu'Aldébaran se trouve à une distance de la Terre de 19 pc. (1 pc =  $3,1 \times 10^{16} \text{ m}$ )

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



*(Suite de la question E1)*

(b) La magnitude apparente d'Aldébaran est 0,75.

(i) Exprimez ce qu'on entend par la magnitude apparente d'une étoile. [1]

.....  
.....

(ii) Utilisez la réponse à (a)(iii) pour déterminer la magnitude absolue d'Aldébaran. [2]

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

*(Suite de la question à la page suivante)*



(Suite de la question E1)

(c) Bételgeuse dans la constellation d’Orion est une supergéante rouge.

(i) Comparez le destin d’Aldébaran à celui de Bételgeuse.

[2]

Aldébaran :	.....
	.....
	.....
Bételgeuse :	.....
	.....
	.....

(ii) Résumez, en référence à la limite de Chandrasekhar, les circonstances dans lesquelles l’état final de Bételgeuse pourrait être le même que l’état final d’Aldébaran.

[3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E1)

- (d) On peut déterminer la distance des galaxies en utilisant des étoiles variables céphéides.

En considérant la nature et les propriétés des étoiles variables céphéides, expliquez comment on utilise ces étoiles pour déterminer les distances galactiques.

[5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**E2.** Cette question porte sur l'évolution de l'univers.

(a) Définissez *densité critique* en référence au modèle plat de l'univers.

[2]

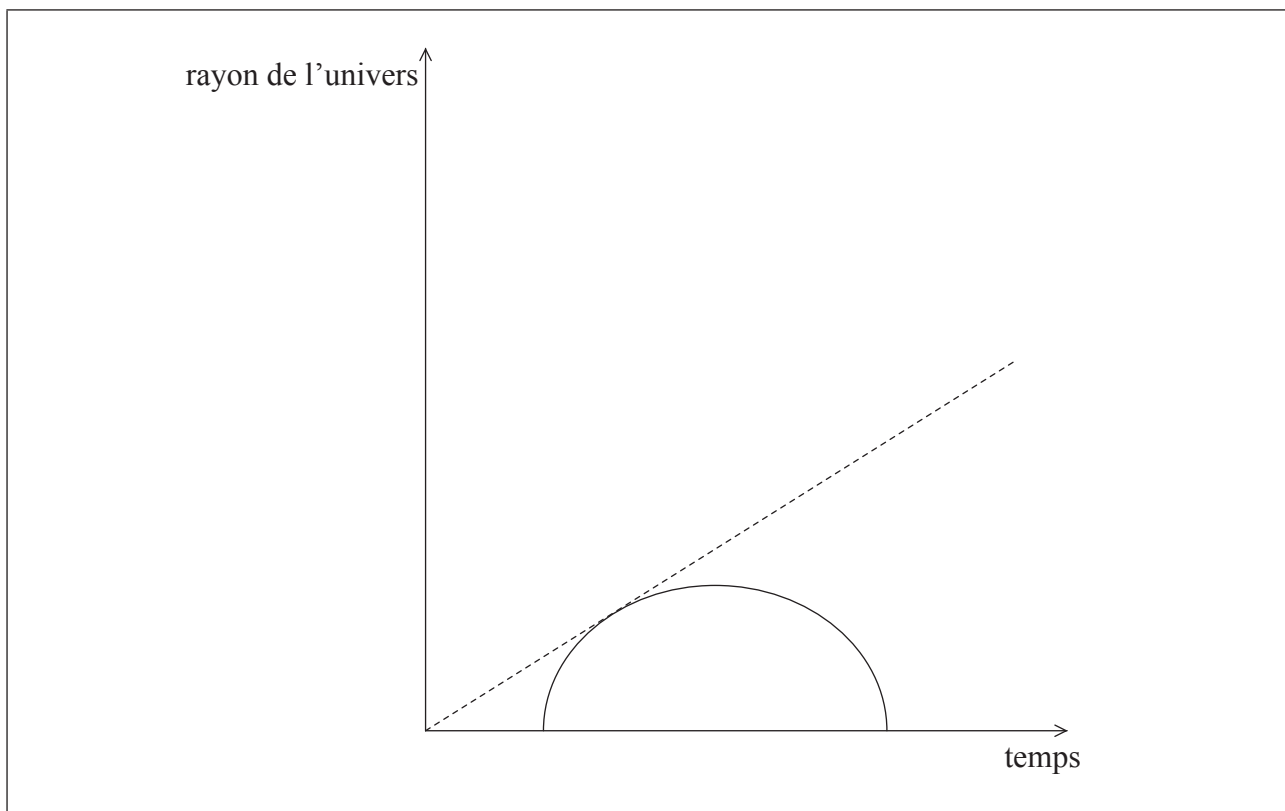
.....

.....

.....

.....

(b) Le diagramme ci-dessous montre comment l'univers pourrait évoluer si sa densité était plus grande que la densité critique.



La droite en pointillés représente l'évolution de l'univers si la densité de l'univers était nulle.

Sur le schéma ci-dessus,

(i) légendez le temps présent avec la lettre N.

[1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E2)

(ii) dessinez une ligne légendée F pour représenter l'évolution de l'univers correspondant à un univers plat. [1]

(iii) dessinez une ligne légendée O pour représenter l'évolution de l'univers correspondant à l'univers si sa densité était inférieure à la densité critique. [1]

**E3.** Cette question porte sur la loi de Hubble.

(a) Exprimez la loi de Hubble. [1]

.....

.....

(b) Les valeurs mesurées de la constante de Hubble peuvent varier entre  $40 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  et  $90 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ . Exprimez la raison pour cette grande variation de valeurs. [1]

.....

.....

(c) La ligne bleue dans le spectre de l'hydrogène atomique telle que mesurée dans le laboratoire est  $490 \text{ nm}$ . Cette même ligne dans le spectre de lumière venant d'une galaxie a une longueur d'onde de  $500 \text{ nm}$ .

Déterminez la distance de cette galaxie de la Terre. Vous pouvez supposer que la constante de Hubble =  $70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**Option F — Communication**

**F1.** Cette question porte sur la transmission radio.

- (a) Décrivez, en référence à l'amplitude de l'onde de signal, comment on varie la fréquence d'une onde porteuse dans la transmission radio en modulation de fréquence (FM). [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Une onde porteuse modulée en amplitude (AM) d'une fréquence de 190 kHz est modulée par une onde de signal d'une fréquence de 5,0 kHz.

- (i) Exprimez les fréquences transmises par le signal AM. [2]

.....

.....

- (ii) La fréquence de ce signal radio AM se trouve dans la bande radio européenne de grandes ondes à laquelle sont attribuées les fréquences situées entre 149 kHz et 284 kHz.

Déterminez le nombre maximum de stations radio qui peuvent transmettre ce signal radio dans cette bande radio. [2]

.....

.....

.....

.....

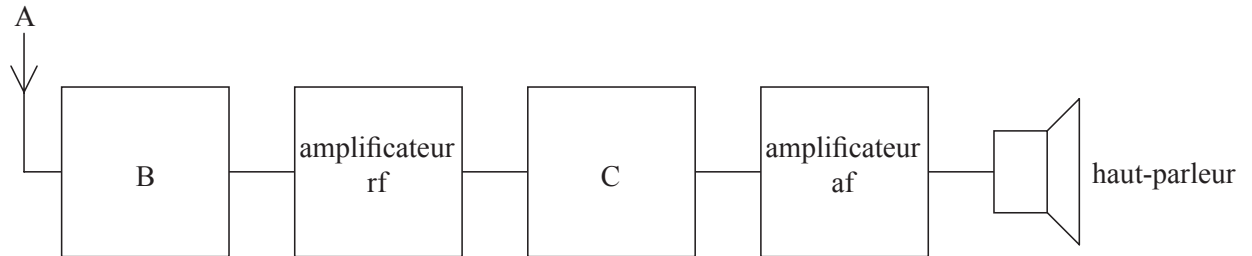
*(Suite de la question à la page suivante)*





(Suite de la question F1)

- (c) Exprimez et expliquez le rôle du bloc B et du bloc C dans le récepteur radio de base représenté. [5]



Bloc B : .....

Explication : .....  
 .....

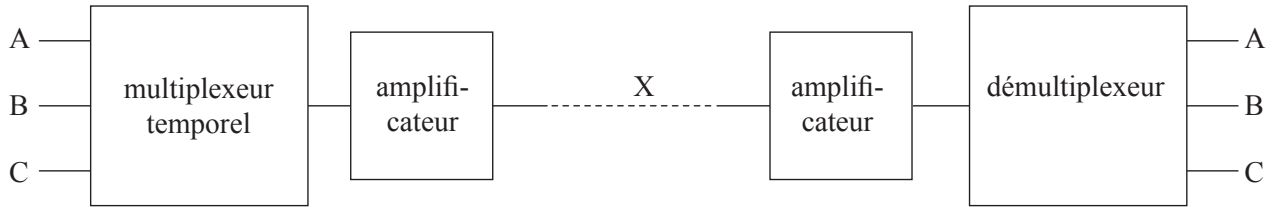
Bloc C : .....

Explication : .....  
 .....



**F2.** Cette question porte sur la transmission de signaux numériques dans une fibre optique.

- (a) Le schéma ci-dessous montre des signaux numériques A, B, C, ... arrivant simultanément à un multiplexeur temporel.



Expliquez comment on peut envoyer de grands nombres de signaux audio numériques échantillonnés le long d'une seule fibre optique X. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) La puissance d'entrée dans la seule fibre optique X est 25 mW. Le signal a besoin d'être amplifié lorsque la puissance a été atténuée à  $4,0 \times 10^{-19}$  W. La perte due à l'atténuation dans cette fibre optique est  $1,8 \text{ dB km}^{-1}$ .

Calculez la distance maximum entre les amplificateurs dans le système. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F2)

- (c) Dans un système multiplex temporel, l'échantillonnage est effectué à une fréquence de 32kHz. La durée de chaque échantillon est 50ns.

Déterminez le nombre de canaux séparés que le système peut transmettre.

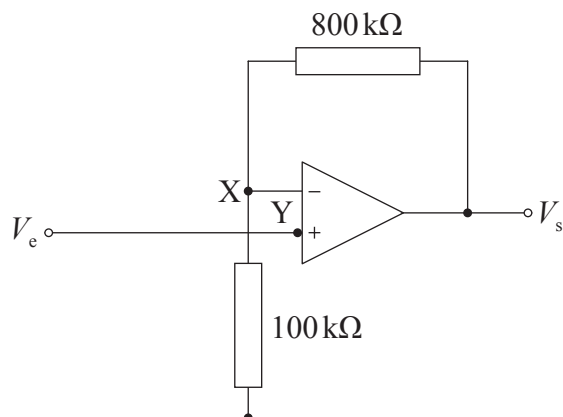
[3]

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



**F3.** Cette question porte sur un amplificateur opérationnel.

Le schéma ci-dessous montre le circuit d'un amplificateur opérationnel dans une configuration non inverseuse.



- (a) Les valeurs des résistances dans ce circuit sont  $800\text{ k}\Omega$  et  $100\text{ k}\Omega$  comme cela est indiqué sur le schéma. Calculez le gain de l'amplificateur. [2]

- (b) Expliquez, en termes des propriétés d'un amplificateur opérationnel,

- (i) pourquoi il n'y a pas de différence de potentiel entre les points X et Y lorsque le circuit fonctionne correctement. [3]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F3)

- (ii) pourquoi le courant électrique dans les résistances de  $800\text{k}\Omega$  et de  $100\text{k}\Omega$  est le même. [1]

.....
.....

**F4.** Cette question porte sur le central téléphonique cellulaire.

- (a) Résumez le rôle du central téléphonique cellulaire dans un réseau de téléphonie mobile. [3]

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

- (b) Exprimez **une** question environnementale qui, à votre avis, résulte de l'utilisation de centraux téléphoniques cellulaires dans un réseau de téléphonie mobile. [1]

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



**Option G — Ondes électromagnétiques**

**G1.** Cette question porte sur la nature des ondes électromagnétiques.

(a) Résumez ce qu'on entend par une onde électromagnétique.

[2]

.....

.....

.....

(b) Exprimez **deux** cas dans lesquels des électrons peuvent produire des ondes électromagnétiques.

[2]

.....

.....

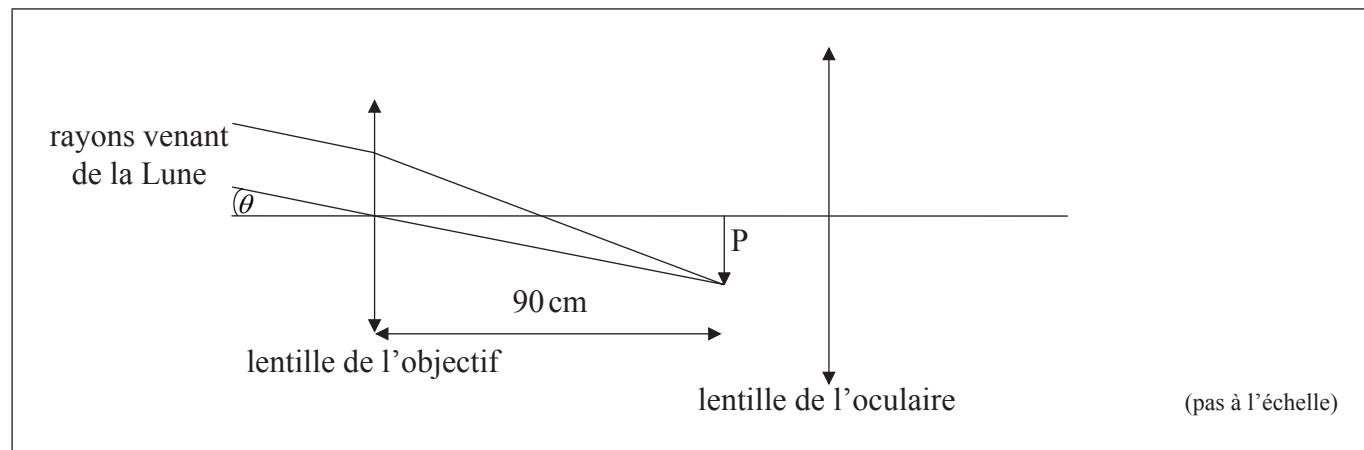
.....

.....



**G2.** Cette question porte sur un télescope astronomique.

Un télescope astronomique particulier est utilisé pour observer la Lune. Le diagramme géométrique ci-dessous montre la position P de l'image intermédiaire de la Lune formée par la lentille de l'objectif.



Ce télescope est au réglage normal.

(a) Sur le diagramme ci-dessus,

- (i) légendez avec la lettre F les **deux** foyers de la lentille de l'oculaire. [1]
- (ii) dessinez des rayons pour déterminer l'emplacement de l'image finale de la Lune. [3]

*(Suite de la question à la page suivante)*



(Suite de la question G2)

(b) Le diamètre de la Lune sous-tend un angle de  $8,7 \times 10^{-3}$  rad à l'œil nu.

(i) Déterminez le diamètre de l'image de la Lune formée par la lentille de l'objectif. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) La distance focale de l'oculaire est 30 cm. Calculez l'angle que sous-tend l'image finale de la Lune à l'oculaire. [2]

.....

.....

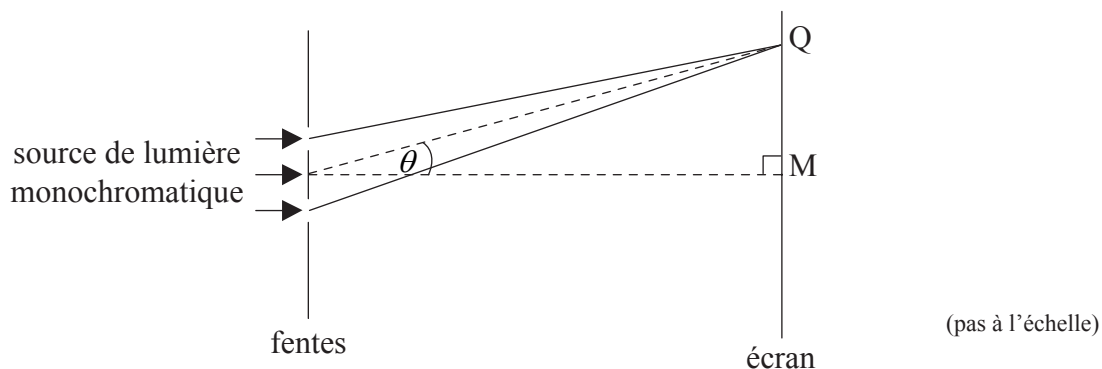
.....





**G3.** Cette question porte sur l'interférence produite par deux sources.

- (a) Une lumière venant d'une source monochromatique est incidente perpendiculairement à deux fentes. Après être passée à travers ces fentes, cette lumière est incidente sur un écran éloigné. Le point M est le point milieu de cet écran.

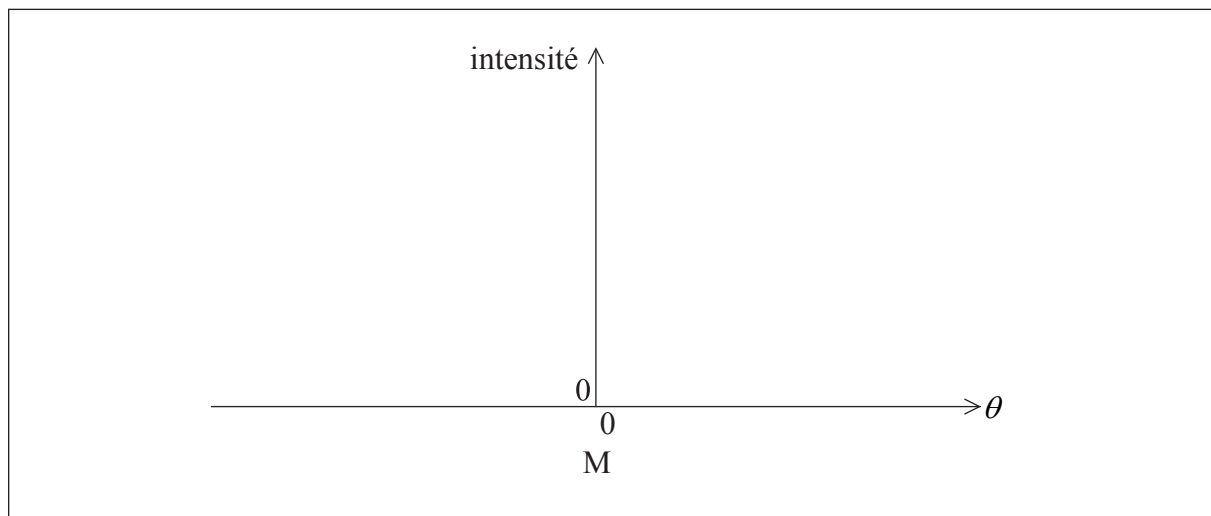


La distance entre les fentes est grande par rapport à leur largeur. Un système de franges claires et sombres est observée sur l'écran.

- (i) Exprimez le phénomène qui permet à la lumière d'atteindre le point M sur l'écran. [1]

.....

- (ii) Sur les axes ci-dessous, esquissez l'intensité de la lumière telle qu'elle est observée sur l'écran en fonction de l'angle  $\theta$ . (Vous n'avez pas besoin de mettre de nombres sur les axes.) [3]



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G3)

- (iii) La distance entre l'écran et les fentes est 1,8 m et la distance entre les fentes est 0,12 mm. La longueur d'onde de la lumière est 650 nm. Le point Q sur l'écran montre la position de la première frange sombre.

Calculez la distance MQ.

[2]

.....

.....

.....

- (b) Suggérez pourquoi, même s'il y a des franges sombres dans le système de franges, aucune énergie n'est perdue.

[2]

.....

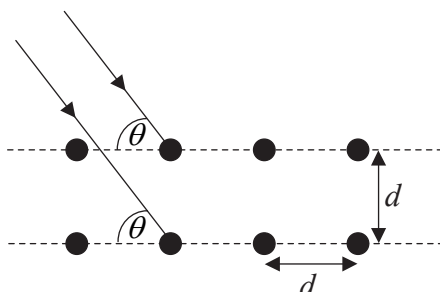
.....

.....



**G4.** Cette question porte sur la diffraction des rayons X.

Des rayons X sont incidents sur un cristal de quartz unique. Le schéma ci-dessous montre deux plans atomiques adjacents et des rayons X qui sont incidents à un angle  $\theta$  par rapport aux plans de ce cristal.



- (a) Un faisceau diffusé intense est observé pour certaines valeurs de l'angle  $\theta$ . Expliquez cette observation en vous reportant au schéma. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Le plus petit angle pour lequel un faisceau diffusé intense est observé est  $\theta = 11,2^\circ$ . La longueur d'onde des rayons X est  $8,24 \times 10^{-10} \text{ m}$ .

Calculez la distance  $d$  entre les plans atomiques. [2]

.....

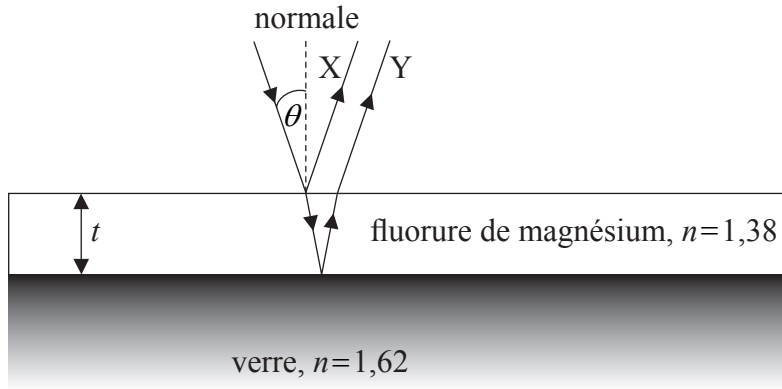
.....

.....



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

Un morceau de verre d'un indice de réfraction de 1,62 est couvert d'une couche mince de fluorure de magnésium d'une épaisseur  $t$  et d'un indice de réfraction de 1,38. Le schéma ci-dessous montre un rayon de lumière monochromatique incident sur cette couche à un angle  $\theta$  par rapport à la normale.



X est un rayon réfléchi depuis la surface de la couche et Y est réfléchi depuis la surface du verre.

- (a) Montrez que, quand  $\theta=0$ , la condition pour l'interférence destructive entre les rayons X et Y est

$$2t = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

équation dans laquelle  $m$  est un nombre entier et  $\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière dans la couche de fluorure de magnésium.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G5)

- (b) Une lumière d'une longueur d'onde de 640 nm dans l'air est incidente normalement sur la surface du verre.

- (i) Montrez que la longueur d'onde de la lumière dans la couche de fluorure de magnésium est 464 nm. [1]

.....

- (ii) Calculez l'épaisseur minimum de la couche pour laquelle aucune lumière ne sera reflétée et renvoyée dans l'air. [2]

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



**Option H — Relativité**

**H1.** Cette question porte sur la simultanéité.

- (a) Exprimez le postulat de la relativité restreinte qui est lié à la vitesse de la lumière. [1]

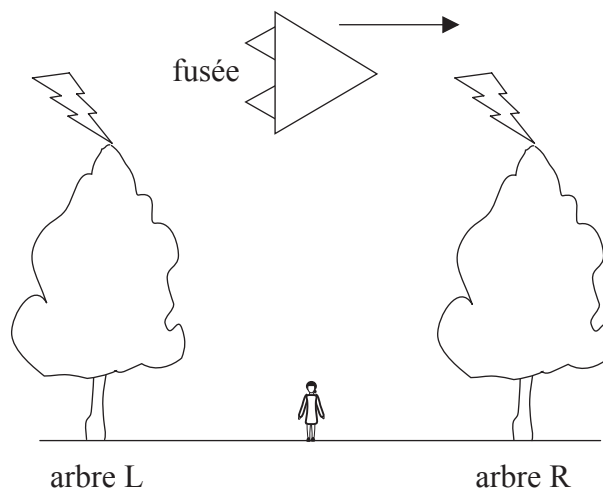
.....
.....

*(Suite de la question à la page suivante)*



(Suite de la question H1)

- (b) Une fusée, se déplaçant à une vitesse relativiste, passe au-dessus d'un observateur qui est au repos sur le sol à un endroit équidistant de deux arbres L et R. Au moment où un observateur dans cette fusée se trouve juste au-dessus de l'observateur au sol, un éclair frappe L et R en même temps selon l'observateur au sol. La lumière de ces éclairs atteint l'observateur dans la fusée de même que l'observateur au sol.



- (i) Expliquez pourquoi, selon l'observateur dans la fusée, la lumière provenant des deux éclairs atteindra l'observateur au sol en même temps. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) En utilisant votre réponse à (a) et (b)(i), résumez pourquoi, selon l'observateur dans la fusée, l'arbre R a été frappé par l'éclair avant l'arbre L. [2]

.....

.....

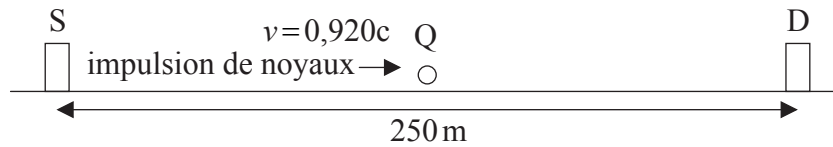
.....

.....



**H2.** Cette question porte sur la cinématique relativiste.

Une impulsion courte contenant de nombreux noyaux d'un isotope radioactif est émise depuis une source S dans un laboratoire. Les noyaux ont une vitesse  $v=0,920c$  telle que mesurée par rapport au laboratoire.



Cette impulsion arrive à un détecteur D. Ce détecteur se trouve à une distance de 250 m telle que mesurée par un observateur dans le laboratoire.

(a) Calculez le temps pris par cette impulsion pour se déplacer de S à D, selon

(i) un observateur dans le laboratoire.

[1]

(ii) un observateur Q se déplaçant avec l'impulsion.

[2]

(b) Calculez la distance entre la source S et le détecteur D selon l'observateur Q.

[1]

(Suite de la question à la page suivante)





(Suite de la question H2)

- (c) Un noyau particulier dans cette impulsion se désintègre en émettant un électron dans la même direction que celle du noyau. La vitesse de cet électron telle que mesurée dans le laboratoire est  $0,985c$ .

Calculez la vitesse de cet électron telle que mesurée par l'observateur Q.

[2]

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

- (d) L'observateur dans le laboratoire et l'observateur Q sont d'accord que, lorsque l'impulsion arrive à D, la moitié des noyaux dans l'impulsion se seront désintégrés.

Résumez, sans autre calcul, comment cela est une preuve en faveur de la dilatation du temps.

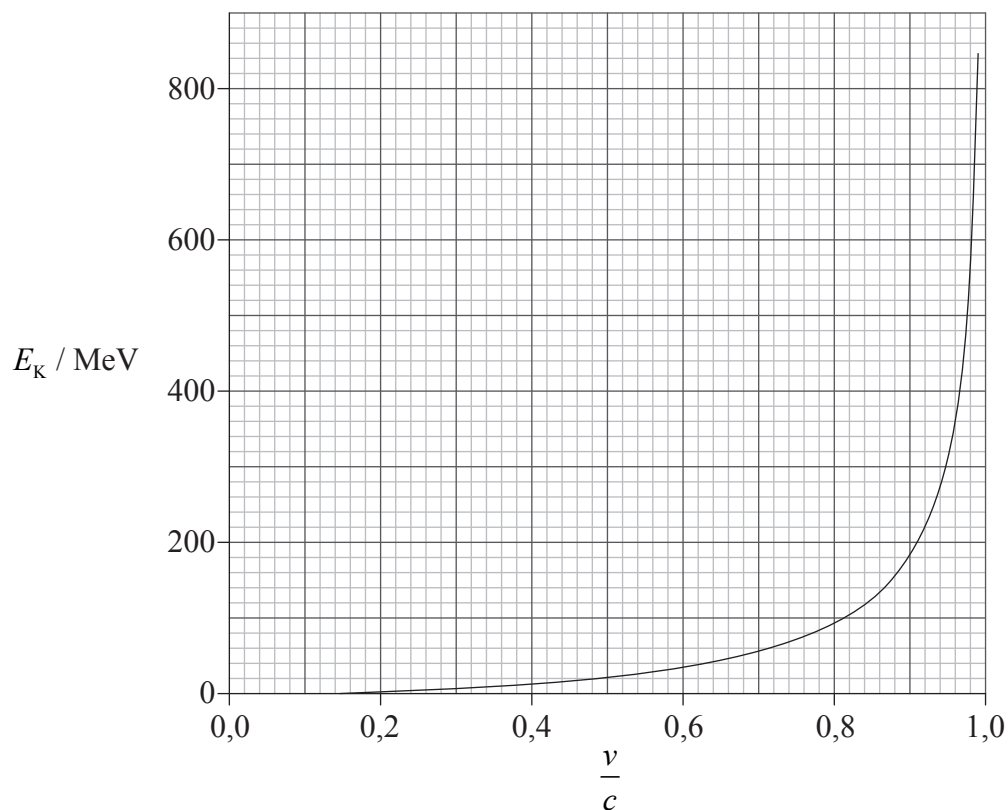
[2]

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



**H3.** Cette question porte sur la masse et l'énergie.

- (a) Le graphique ci-dessous montre la variation, en fonction de la fraction  $\frac{v}{c}$ , de l'énergie cinétique  $E_k$  d'une particule,  $v$  étant la vitesse de cette particule.



Déterminez, en utilisant la valeur  $E_k = 360 \text{ MeV}$  sur le graphique, la masse au repos de la particule en  $\text{MeV c}^{-2}$ .

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H3)

- (b) Déterminez, en utilisant les données sur le graphique, la différence de potentiel nécessaire pour accélérer la particule dans (a) d'une vitesse de  $0,63c$  à une vitesse de  $0,96c$ . La charge de cette particule est  $+e$ . [2]

.....

.....

.....

**H4.** Cette question porte sur la mécanique relativiste.

- (a) Montrez que la vitesse  $v$  d'une particule d'une énergie totale  $E$  et d'une quantité de mouvement  $p$  est donnée par l'équation suivante. [2]

$$v = \frac{pc^2}{E}$$

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Déterminez, en utilisant la réponse à (a), la vitesse d'une particule dont la masse au repos est nulle. [2]

.....

.....

.....

.....

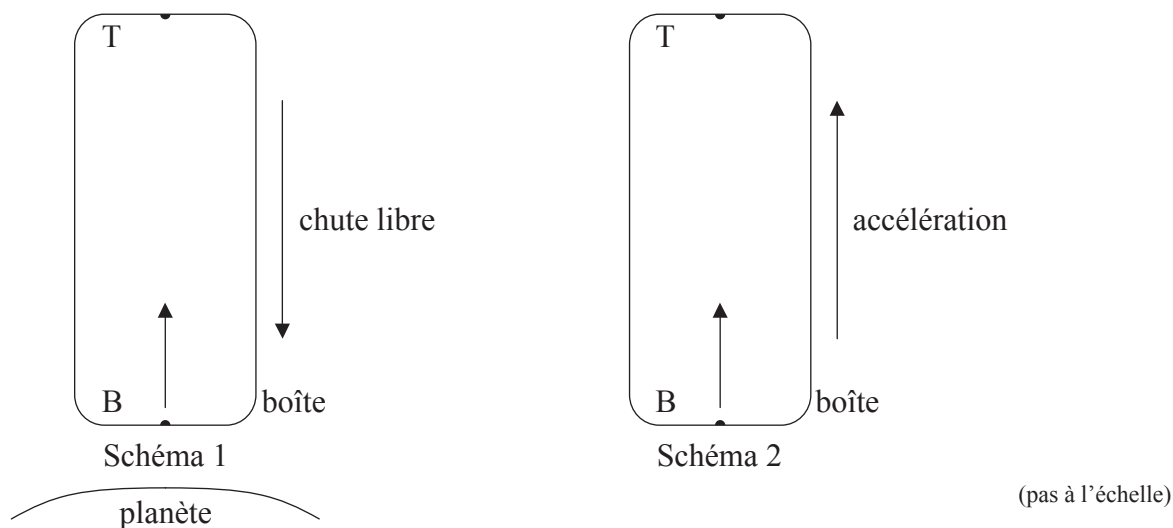


**H5.** Cette question porte sur le principe d'équivalence.

(a) Exprimez le principe d'équivalence.

[1]

(b) Le schéma ci-dessous montre deux boîtes identiques dans deux états de mouvement différents.



Sur le **schéma 1**, la boîte est en chute libre à proximité de la surface d'une planète.  
 Sur le **schéma 2**, la boîte accélère dans une région d'espace éloignée d'autres masses.

Un rayon de lumière monochromatique est émis depuis la base B de chaque boîte et il est reçu au sommet T de chaque boîte.

Des observateurs en B mesurent la fréquence de la lumière émise comme étant  $f_0$ .

*(Suite de la question à la page suivante)*



(Suite de la question H5)

Exprimez et expliquez, pour chaque état de mouvement sur les schémas 1 et 2, si la fréquence de la lumière mesurée par un observateur en T sera inférieure, égale **ou** supérieure à  $f_0$ .

[4]

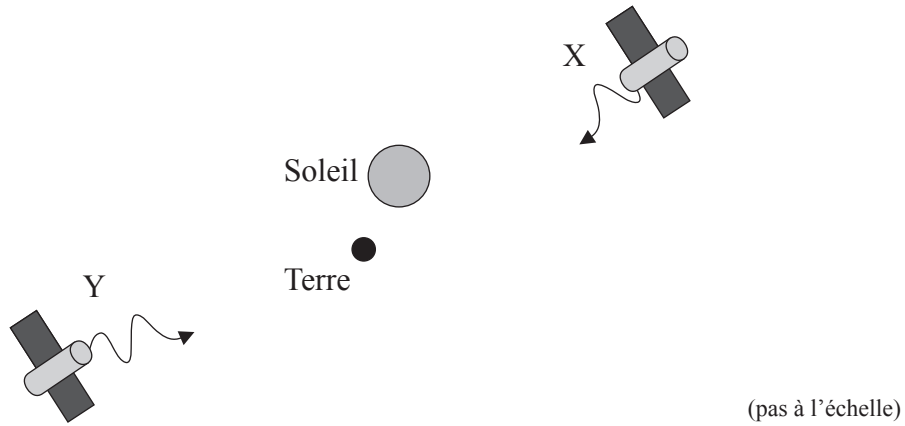
- 1 : .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- 2 : .....
- .....
- .....
- .....
- .....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H5)

- (c) Des signaux radio envoyés en même temps depuis la Terre, sont réfléchis sur deux satellites X et Y comme montré. Ces satellites se trouvent à la même distance de la Terre.



Le signal allant de la Terre au satellite X et le signal réfléchi passent près du Soleil.

Comparez, en utilisant la théorie de la relativité générale, les heures d'arrivée sur la Terre du signal venant de X et du signal venant de Y.

[2]

.....

.....

.....

.....



**Option I — Physique médicale**

**II.** Cette question porte sur les niveaux d'intensité acoustique.

- (a) Définissez *niveau d'intensité acoustique* et exprimez une unité appropriée pour celui-ci. [3]

.....

.....

.....

.....

- (b) Un batteur est assis près d'un haut-parleur à un concert de rock. La puissance acoustique à une de ses oreilles est  $1,5 \times 10^{-5} \text{ W}$ . Cette puissance est incidente sur l'un des ses tympans qui a une surface de  $2,4 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ .

Calculez le niveau d'intensité acoustique sur le tympan du batteur. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Discutez les effets à court terme et les effets à long terme de sons de ce niveau d'intensité sur l'ouïe du batteur. [2]

.....

.....

.....

.....



**I2.** Cette question porte sur la résonance magnétique nucléaire (RMN).

Dans l'imagerie par résonance magnétique nucléaire, le patient est placé dans un grand champ magnétique uniforme. De plus, la partie du patient examinée est soumise à un champ non uniforme (gradient) plus faible.

Expliquez le rôle de ces deux champs dans le processus d'imagerie.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

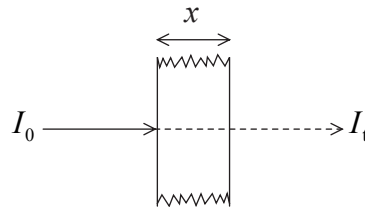
.....





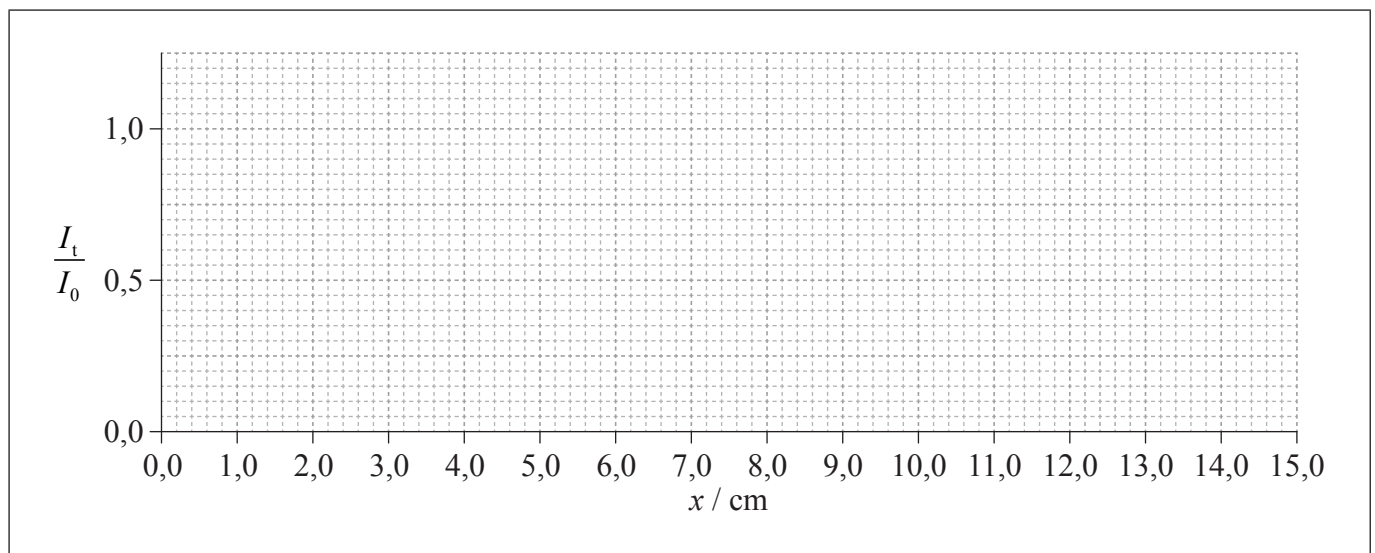
**I3.** Cette question porte sur l'absorption des rayons X.

Un faisceau parallèle de rayons X est incident sur une section de tissu d'une épaisseur  $x$ . L'intensité incidente constante est  $I_0$  et l'intensité transmise est  $I_t$ .



- (a) La couche de demi-atténuation de ce tissu est 4,0 cm.

Sur les axes ci-dessous, esquissez un graphique pour montrer la variation du rapport  $\frac{I_t}{I_0}$  en fonction de l'épaisseur  $x$  du tissu. [2]



- (b) Calculez le coefficient d'atténuation des rayons X pour ce tissu. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question I3)

- (c) Pour un type de tissu différent, le rapport  $\frac{I_t}{I_0}$  est plus petit pour la même épaisseur  $x$  de matière.

Comparez le coefficient d'atténuation de ce tissu avec celui du tissu en (b).

[2]

.....

.....

.....

.....

- (d) Le baryum a un coefficient d'atténuation qui est beaucoup plus grand que celui pour les tissus humains.

Expliquez pourquoi on demande à un patient de boire un liquide baryté pour aider à produire une image radiologique du système digestif.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**I4.** Cette question porte sur les isotopes radioactifs utilisés en médecine.

- (a) Résumez ce qu'on entend par la période radioactive effective d'un isotope radioactif médical. [1]

.....

.....

.....

- (b) L'iode 131 (I-131) est un isotope radioactif qui est injecté dans un patient pour être utilisé comme marqueur. La période radioactive physique de I-131 est 8 jours et sa période biologique est 12 jours.

Déterminez le rapport  $\frac{\text{activité d'un échantillon 11 jours après l'injection dans le patient}}{\text{activité initiale lorsqu'il est injecté dans le patient}}$ . [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Un isotope de technétium d'une demi-vie radioactive physique de 0,25 jour est une solution de remplacement de l'iode pour cette utilisation.

Suggérez, en référence à la demi-vie physique, pourquoi le technétium est un meilleur choix comme marqueur. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question I4)

- (d) Résumez **deux** méthodes, autres que la durée d'exposition, par lesquelles le personnel médical peut être protégé contre les effets de ces isotopes radioactifs.

[2]

<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
---



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

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



**Option J — Physique des particules**

**J1.** Cette question porte sur la désintégration d'un kaon.

Un kaon ( $K^+$ ) est un méson consistant en un quark up et en un quark anti-étrange.

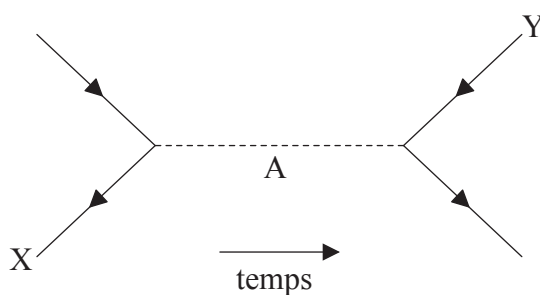
(a) Suggérez pourquoi le kaon est classé comme un boson.

[2]

.....

.....

(b) Un kaon se désintègre en un antimuon et un neutrino,  $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$ . Le diagramme de Feynman pour cette désintégration est représenté ci-dessous.



(i) Exprimez les **deux** particules légendées X et Y.

[2]

X : .....

Y : .....

*(Suite de la question à la page suivante)*



(Suite de la question J1)

- (ii) Expliquez comment on peut déduire que cette désintégration se produit grâce à l'interaction faible. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Exprimez le nom et le signe de la charge électrique de la particule légendée A. [2]

Nom : .....

Signe : .....

- (iv) La masse de la particule en (b)(iii) est  $1,4 \times 10^{-25}$  kg. Déterminez la portée de l'interaction faible impliquée dans cette désintégration. [2]

.....

.....

.....

.....

- (v) Exprimez, en termes des principes de conservation, pourquoi un neutrino muonique est produit lors de cette désintégration. [1]

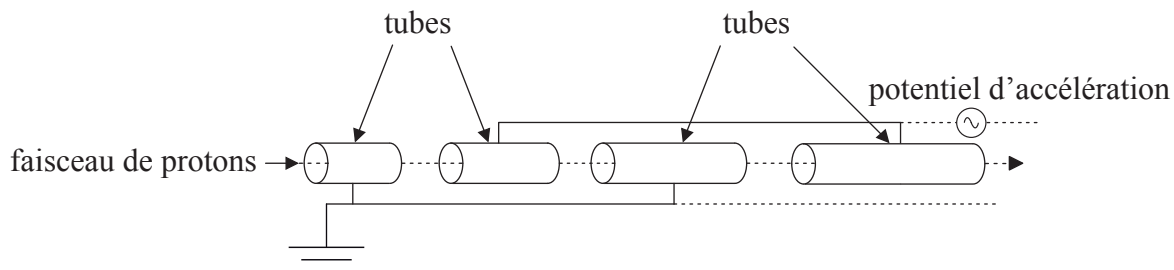
.....

.....



**J2.** Cette question porte sur les accélérateurs linéaires.

- (a) Le schéma ci-dessous montre une partie d'un accélérateur linéaire dans lequel des protons sont accélérés.



- (i) Résumez, en référence au schéma ci-dessous, comment les protons sont accélérés dans un accélérateur linéaire. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) La fréquence du potentiel alternatif est constante. Suggérez pourquoi chaque tube est plus long que le tube précédent. [2]

.....

.....

.....

.....

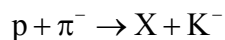
*(Suite de la question à la page suivante)*





(Suite de la question J2)

- (b) Après l'accélération dans l'accélérateur linéaire, un proton est incident sur un pion immobile, produisant un kaon (méson  $K$ ) et un hadron  $X$  inconnu selon la réaction indiquée ci-dessous.



- (i) Exprimez, en donnant une raison, la charge électrique de  $X$ . [1]

.....

.....

- (ii) Exprimez, en donnant une raison, si  $X$  est un baryon **ou** un méson. [1]

.....

.....

- (iii) L'énergie totale du proton en (b) est  $5,20 \times 10^3$  MeV.

Déterminez la masse du hadron  $X$  le plus lourd qui peut être produit dans cette réaction. [3]

$$\text{Masse du proton} = 938 \text{ MeV c}^{-2}$$

$$\text{Masse du pion} = 140 \text{ MeV c}^{-2}$$

$$\text{Masse du kaon} = 494 \text{ MeV c}^{-2}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question J2)

- (c) Dans une expérience de diffusion profondément inélastique, des protons d'une quantité de mouvement de  $2,70 \times 10^{-18}$  N s sont diffusés par des noyaux d'or.

Étant donné que le diamètre des nucléons est de l'ordre de  $10^{-15}$  m et que le diamètre des quarks est inférieur à  $10^{-18}$  m, déterminez si ces protons seront capables de résoudre

- (i) les nucléons à l'intérieur des noyaux d'or.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) les quarks à l'intérieur des noyaux d'or.

[1]

.....

.....

- (d) Résumez comment les expériences de diffusion profondément inélastique ont conduit à la conclusion que les gluons existaient.

[2]

.....

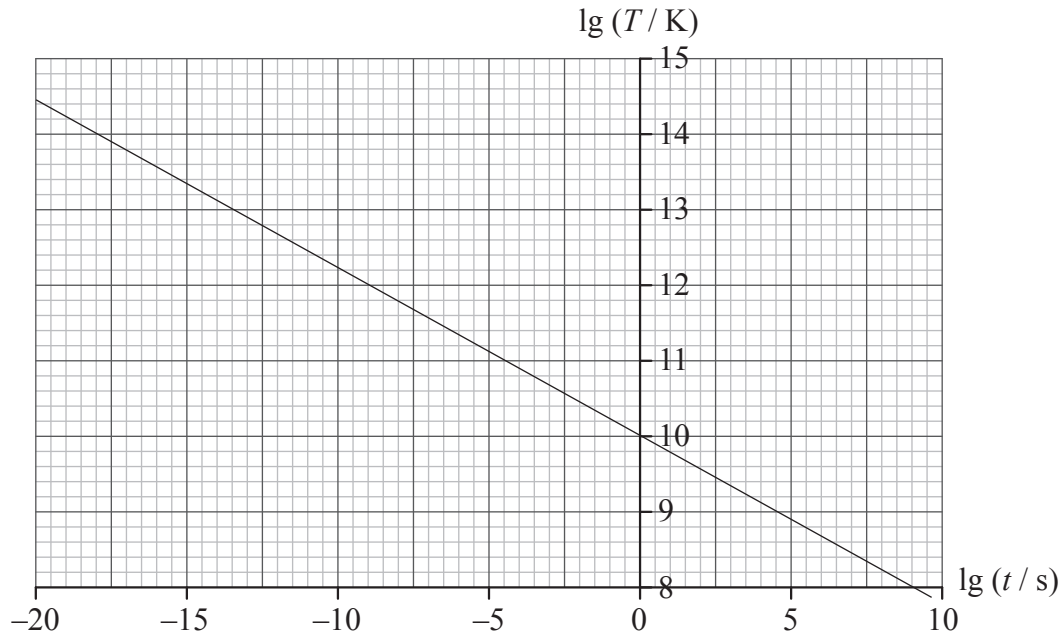
.....

.....



**J3.** Cette question porte sur l'univers précoce et sur le boson de Higgs.

Le graphique ci-dessous montre la variation du logarithme de la température  $T$  de l'univers en fonction du logarithme du temps  $t$  après le big-bang.



- (a) Dans l'univers très précoce, les quarks existaient comme des particules libres et ne se combinaient en nucléons que lorsque l'énergie thermique moyenne par particule dans l'univers tombait en dessous de  $3 \times 10^{-11}$  J.

Estimez, en utilisant le graphique, le temps après le big-bang où les quarks formèrent des nucléons pour la première fois.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question J3)

- (b) Une preuve du boson de Higgs pourrait être découverte au grand collisionneur de hadrons (LHC) au CERN. Résumez pourquoi une telle découverte serait d’une importance cruciale pour le modèle standard. [2]

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

