



22116521

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

Jeudi 12 mai 2011 (matin)

1 heure 15 minutes

Numéro de session du candidat

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

Code de l'examen

2	2	1	1	–	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.



0140

**Option E — Astrophysique**

**E1.** Cette question porte sur les propriétés d’une étoile.

(a) Décrivez ce qu’on entend par

(i) une constellation.

[2]

.....

.....

.....

(ii) un amas stellaire.

[1]

.....

.....

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



(Suite de la question E1)

- (b) Quelques données pour l'étoile variable Bételgeuse sont données ci-dessous.

Magnitude absolue moyenne  $= -5,1$

Magnitude apparente moyenne  $= +0,60$

Brillance apparente moyenne  $= 1,6 \times 10^{-7} \text{ W m}^{-2}$

Rayon  $= 790$  rayons solaires

La luminosité du Soleil est  $3,8 \times 10^{26} \text{ W}$  et il a une température de surface de  $5700 \text{ K}$ .

- (i) Montrez que la distance entre la Terre et Bételgeuse est environ  $4,0 \times 10^{18} \text{ m}$ . [3]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Déterminez, en termes de la luminosité du Soleil, la luminosité de Bételgeuse. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Calculez la température de surface de Bételgeuse. [2]

.....

.....

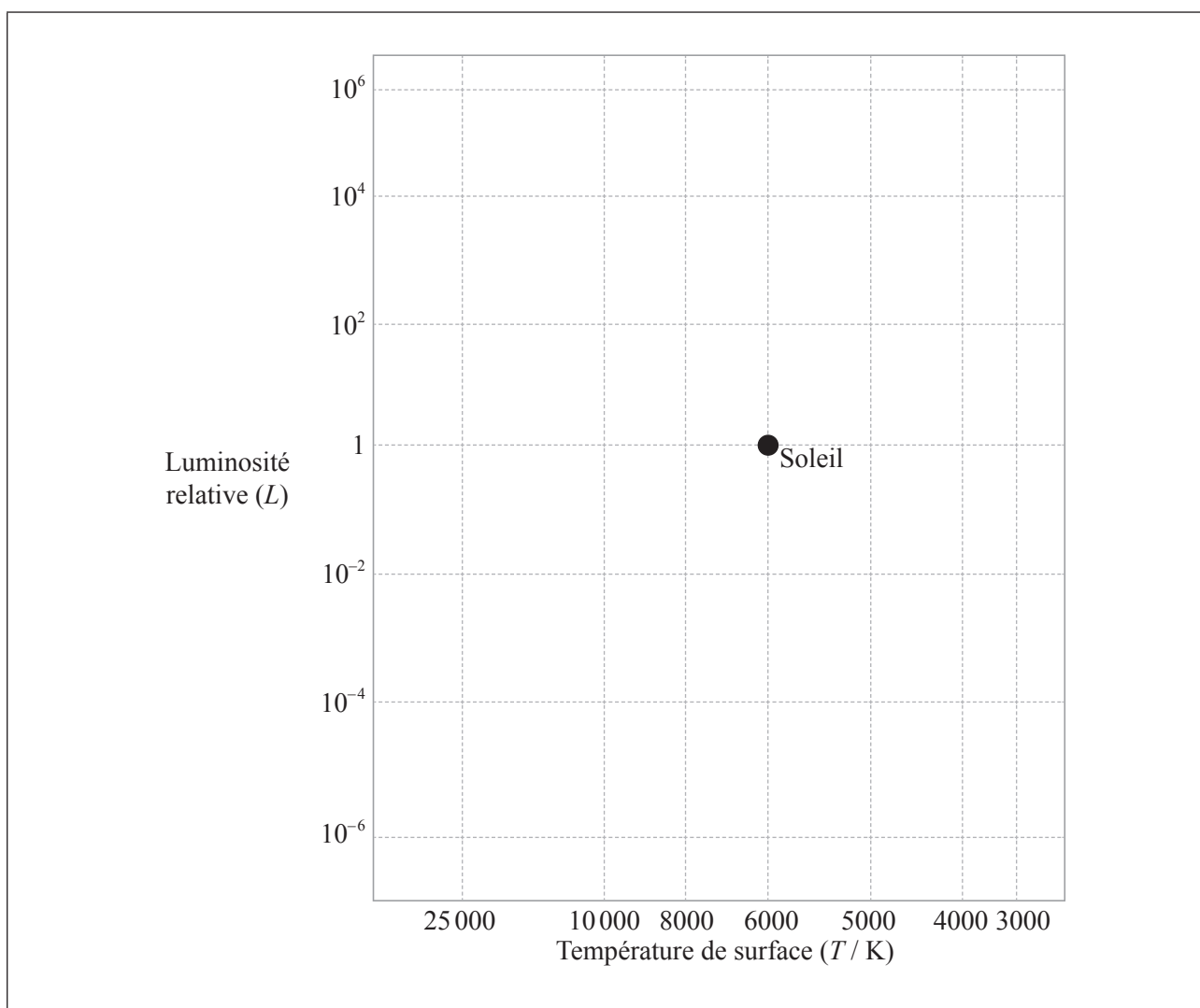
.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E1)



(c) Sur le diagramme de Hertzsprung–Russell ci-dessus,

- (i) légendez la position de Bételgeuse avec la lettre B. [1]
- (ii) esquissez le parcours évolutif probable de Bételgeuse. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question E1)

- (d) Certaines étoiles, comme Bételgeuse, sont en combinaison avec une étoile compagne formant un système binaire spectroscopique. Décrivez et expliquez les caractéristiques d'un système binaire spectroscopique. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**E2.** Cette question porte sur la densité de l'univers.

- (a) Expliquez, en référence au destin possible de l'univers, la signification de la densité critique de la matière dans l'univers. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Suggérez **une** raison pour laquelle il est difficile d'estimer la densité de la matière dans l'univers. [2]

.....

.....

.....

.....



**E3.** Cette question porte sur l'évolution des étoiles.

(a) Exprimez ce qu'on entend par

(i) la limite de Chandrasekhar.

[1]

.....

.....

(ii) la limite d'Oppenheimer–Volkoff.

[1]

.....

.....

(b) Suggérez comment on peut utiliser vos réponses en (a) pour prédire le destin d'une étoile de la séquence principale.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**E4.** Cette question porte sur la constante de Hubble.

- (a) Résumez les mesures qu'il faut prendre afin de déterminer une valeur pour la constante de Hubble. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Une estimation de la constante de Hubble est  $60 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ . Cygnus A est une radiogalaxie à une distance de  $6,0 \times 10^8 \text{ al}$  de la Terre. Calculez, en  $\text{km s}^{-1}$ , la vitesse de récession de Cygnus A par rapport à la Terre. [2]

.....

.....

.....

.....



**Option F — Communication**

**F1.** Cette question porte sur la modulation.

(a) Résumez ce qu'on entend par la modulation d'une onde.

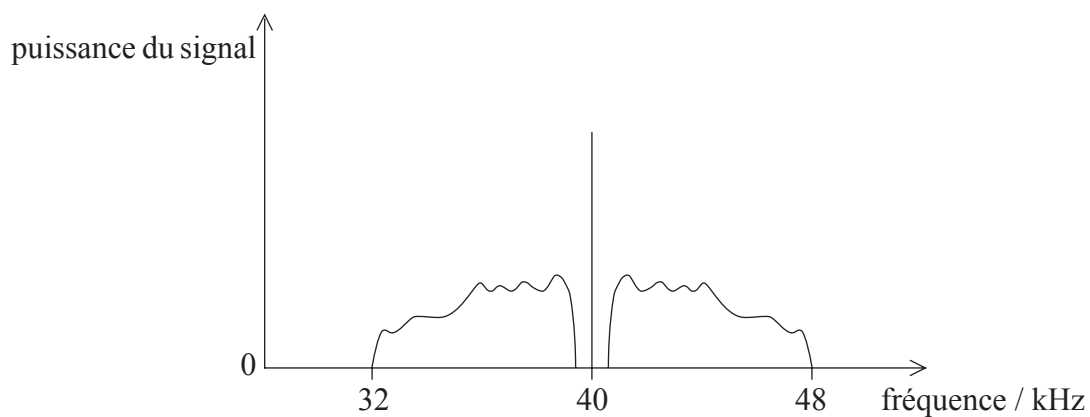
[2]

.....

.....

.....

(b) Le spectre de fréquences du signal venant d'un émetteur radio est montré ci-dessous.



(i) Exprimez le nom de cette forme de transmission radio.

[1]

.....

(ii) Exprimez la fréquence de l'onde porteuse.

[1]

.....

(iii) Déterminez la largeur de bande de ce signal.

[1]

.....





**F2.** Cette question porte sur un réseau de téléphonie mobile.

Décrivez le rôle du central téléphonique cellulaire lorsqu'on fait un appel depuis un téléphone portable.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

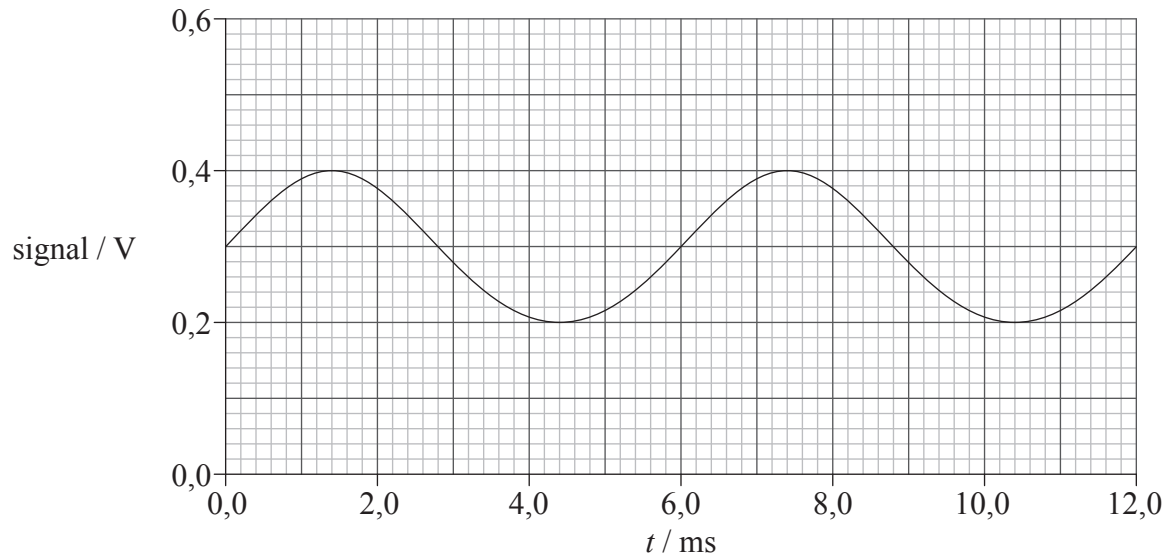
.....

.....



**F3.** Cette question porte sur la transmission de signaux.

Le signal venant d'un microphone est amplifié puis transmis à un récepteur éloigné. La variation, en fonction du temps  $t$ , de ce signal amplifié avant la transmission est montrée ci-dessous.

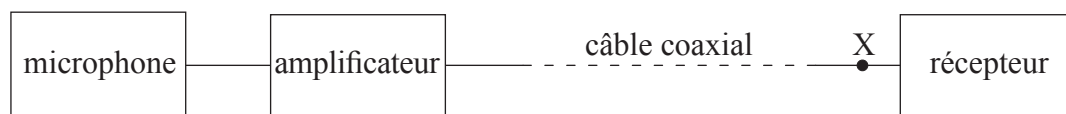


*(Suite de la question à la page suivante)*



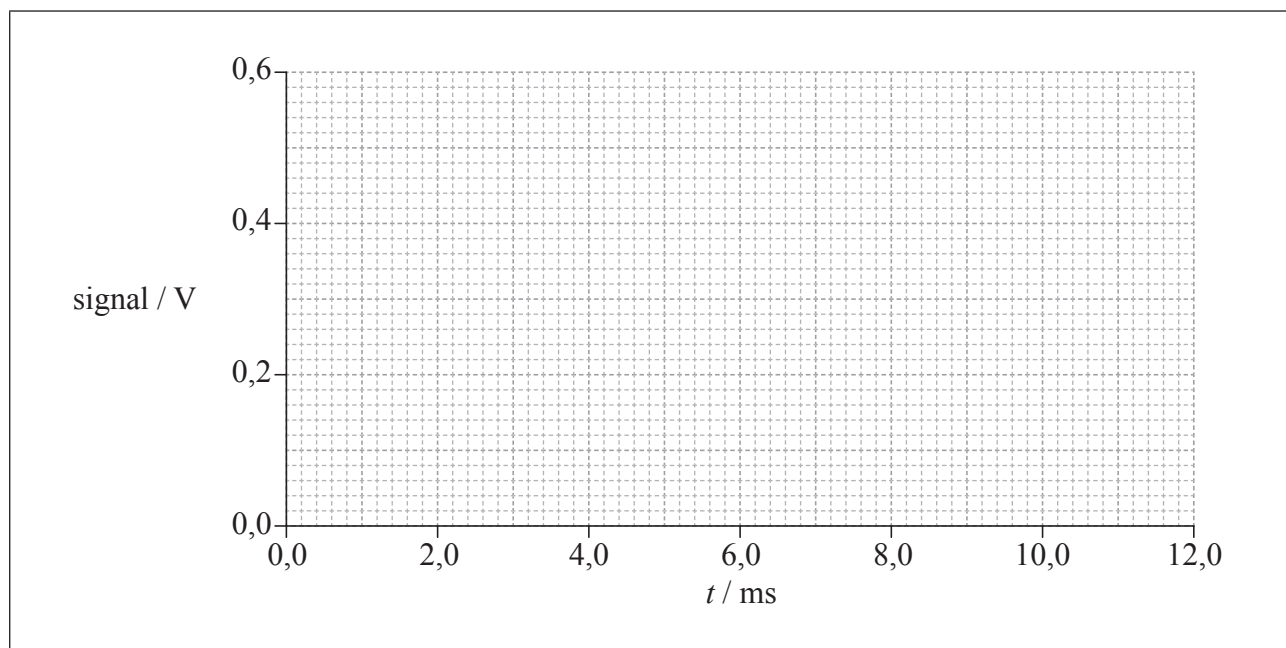
(Suite de la question F3)

- (a) Le signal amplifié est transmis en utilisant un câble coaxial comme illustré.



Sur les axes ci-dessous, esquissez la forme d'onde de ce signal au point X après la transmission le long du câble coaxial.

[3]

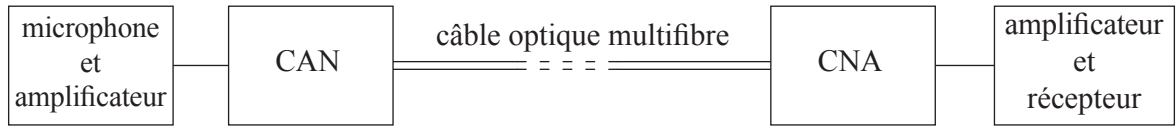


(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F3)

- (b) Un deuxième système de transmission, montré ci-dessous, utilise un câble contenant de nombreuses fibres séparées (câble optique multifibre).



- (i) Suggérez pourquoi un câble optique multifibre est nécessaire plutôt qu'une fibre optique simple. [1]

.....

- (ii) Exprimez quels circuits devraient être compris dans ce système de transmission de façon à pouvoir utiliser une fibre optique simple. [1]

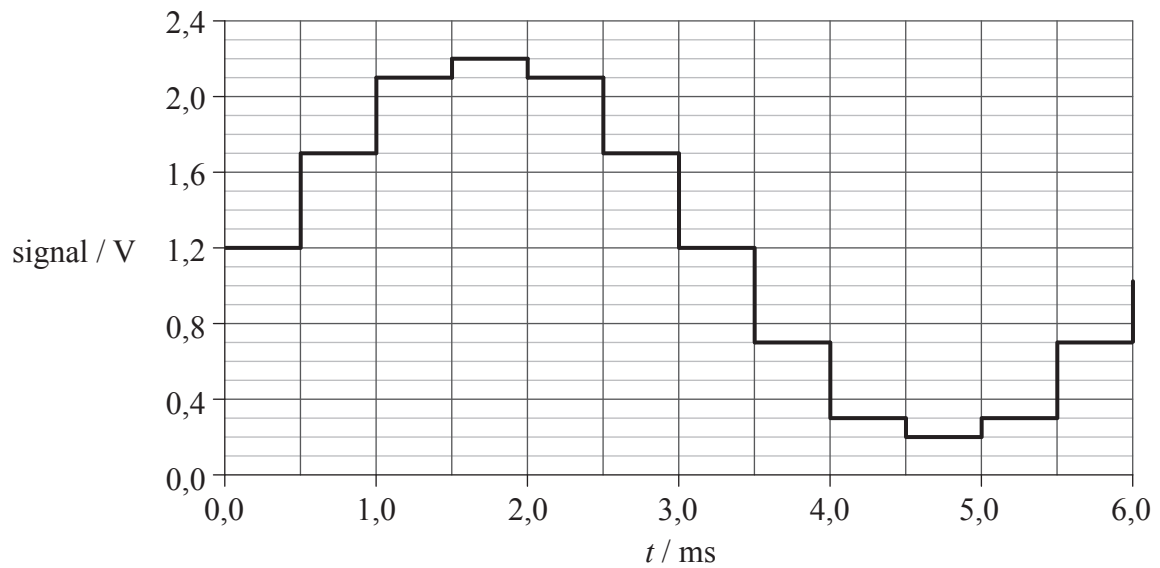
.....  
 .....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F3)

(c) Le signal reçu du deuxième système de transmission est montré ci-dessous.



Calculez

(i) le nombre minimum de bits de sortie du CAN. [2]

(ii) la fréquence d'échantillonnage du CAN. [2]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question F3)

- (d) Exprimez **un** avantage et **un** désavantage de la transmission par câble coaxial par rapport au câble à fibre optique. [2]

Avantage :	.....
	.....
Désavantage :	.....
	.....

**F4.** Cette question porte sur la puissance et l'atténuation de signaux.

Une fibre optique dans un système téléphonique a une longueur de 48 km. La puissance du bruit dans cette fibre optique est  $2,5 \times 10^{-18}$  W.

- (a) Le rapport signal sur bruit ne doit pas tomber en dessous de 25 dB. Montrez que la puissance minimum du signal dans cette fibre optique est  $7,9 \times 10^{-16}$  W. [2]

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

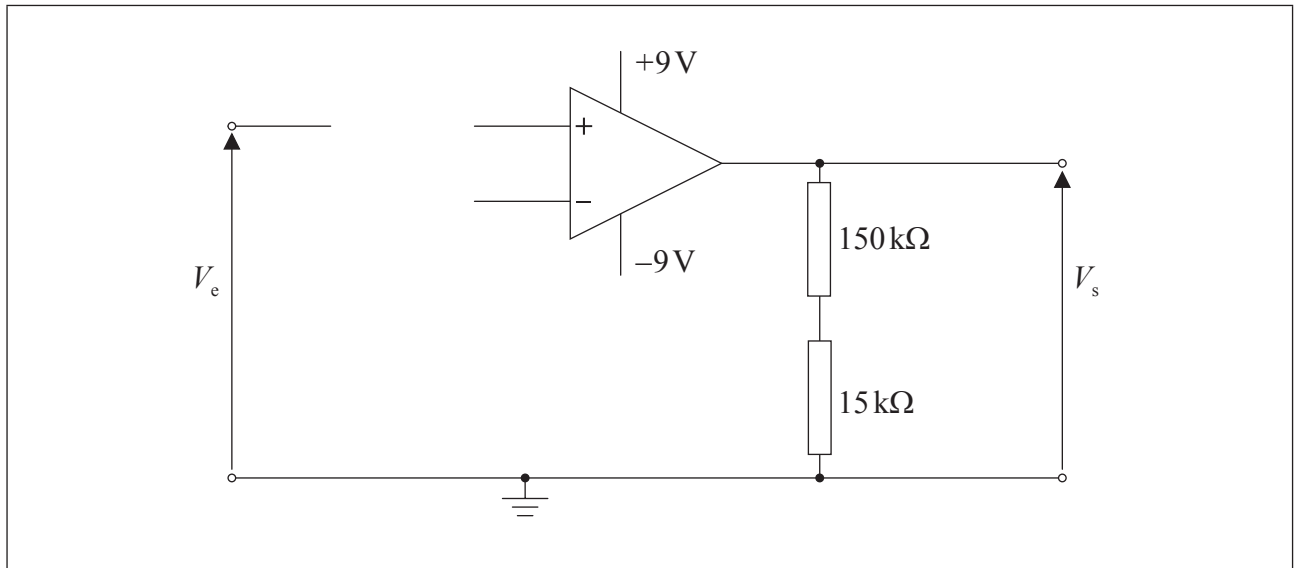
- (b) L'atténuation du signal dans la fibre par unité de longueur est  $2,7 \text{ dB km}^{-1}$ . Utilisez les données en (a) pour déterminer la puissance du signal d'entrée dans la fibre de façon à ce que le rapport signal sur bruit ne tombe pas en dessous de 25 dB. [2]

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



**F5.** Cette question porte sur le circuit d'un amplificateur opérationnel (amp. op.).

Le schéma montre un circuit incomplet.



L'amplificateur opérationnel est idéal.

- (a) Sur le schéma incomplet ci-dessus, élaborer un circuit pour un amplificateur non inverseur. [2]
- (b) Calculez
- (i) le gain du circuit amplificateur. [2]

.....

.....

.....

- (ii) le potentiel d'entrée  $V_e$  auquel l'amplificateur se sature. [2]

.....

.....

.....



**Option G — Ondes électromagnétiques**

**G1.** Cette question porte sur les propriétés des ondes électromagnétiques.

- (a) Exprimez **deux** propriétés qui sont communes à toutes les ondes électromagnétiques. [2]

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

- (b) Une seule lentille est utilisée pour former une image réelle grossie d'un objet. Expliquez, en référence à la dispersion de la lumière, pourquoi cette image a des bords colorés. [3]

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

- (c) Résumez pourquoi un ciel clair est de couleur bleue. [2]

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





**G2.** Cette question porte sur une lentille convergente.

(a) Définissez *grossissement angulaire*.

[2]

.....

.....

.....

(b) Une fine lentille convergente d'une distance focale de 4,5 cm doit être utilisée comme loupe. L'observatrice place cette lentille près de son œil. La distance minimale de vision distincte est 24 cm.

(i) Montrez que la distance entre l'objet et la lentille est 3,8 cm.

[1]

.....

.....

.....

(ii) Déterminez le grossissement angulaire produit par la lentille.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



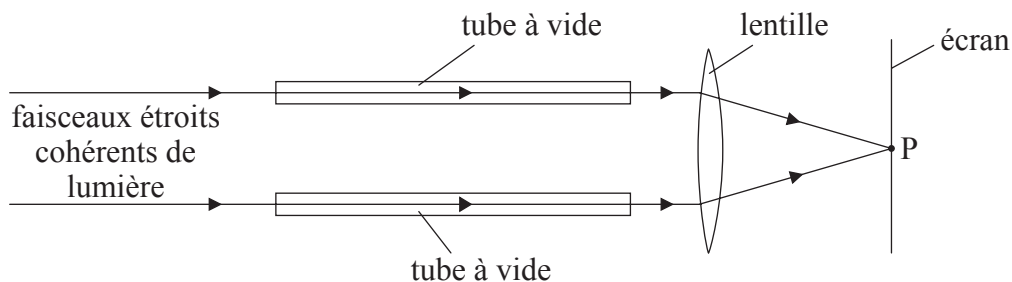
(Suite de la question G2)

- (c) Suggérez **deux** raisons pour lesquelles, pour de forts grossissements, on utilise une combinaison de lentilles plutôt qu'une seule lentille. [2]

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

**G3.** Cette question porte sur l'interférence de la lumière.

Deux faisceaux étroits cohérents de lumière passent à travers deux tubes à vide identiques, comme montré ci-dessous.



Ces deux faisceaux étroits cohérents sont focalisés en un point P sur l'écran.

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

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G3)

- (b) Exprimez, en référence à la longueur d'onde, la condition qui doit être satisfaite pour qu'une frange claire soit formée sur l'écran au point P. [1]

.....

.....

- (c) On laisse pénétrer de l'air petit à petit dans un des tubes à vide. On voit que la luminosité de la lumière au point P diminue puis augmente à nouveau de façon répétée.

- (i) Exprimez l'effet sur la longueur d'onde de la lumière dans le tube à vide alors que l'air y est introduit. [1]

.....

- (ii) Suggérez pourquoi il y a une variation dans la luminosité de la lumière au point P. [1]

.....

.....



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

Un tube à rayons X pourvu d'une cible en cuivre émet un rayonnement avec une longueur d'onde caractéristique de  $1,54 \times 10^{-10}$  m.

- (a) Expliquez pourquoi cette longueur d'onde caractéristique dépend du matériau de la cible. [3]

.....

.....

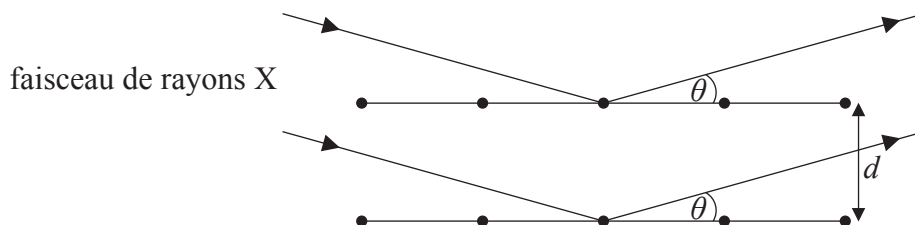
.....

.....

.....

.....

- (b) Le faisceau de rayons X est incident sur un cristal de chlorure de sodium. L'angle minimum  $\theta$  auquel les rayons X d'une longueur d'onde de  $1,54 \times 10^{-10}$  m se renforcent de manière constructive lorsqu'ils sont diffusés depuis un plan d'atomes dans le cristal est  $15,9^\circ$  comme montré ci-dessous.



- (i) Calculez la distance  $d$  entre des plans voisins d'atomes. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question G4)

- (ii) Déterminez toutes autres valeurs de  $\theta$  auxquelles l'intensité maximum se produit pour le faisceau de rayons X diffusé depuis le cristal. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Exprimez pourquoi il est préférable de mesurer plus qu'un angle  $\theta$  afin de déterminer l'écartement des plans d'atomes. [2]

.....

.....

.....

.....

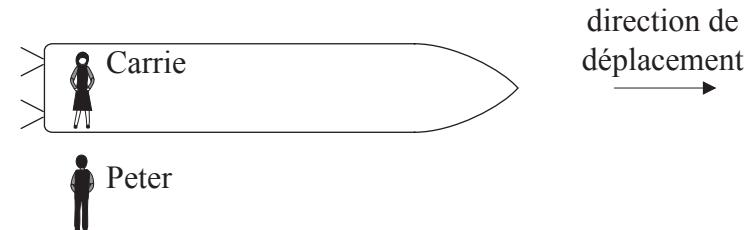


## Option H — Relativité

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

Carrie est dans un vaisseau spatial qui se déplace vers une étoile sur une ligne droite avec une vitesse constante telle qu’observée par Peter. Peter est au repos par rapport à l’étoile.

- (a) Carrie mesure la longueur de son vaisseau spatial comme étant de 100 m. Peter mesure la longueur du vaisseau spatial de Carrie comme étant de 91 m.



- (i) Expliquez pourquoi Carrie mesure la longueur propre du vaisseau spatial. [1]

.....

.....

.....

- (ii) Montrez que Carrie se déplace à une vitesse d’environ  $0,4c$  par rapport à Peter. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H1)

- (b) Selon Carrie, l'étoile prend dix ans pour l'atteindre. En utilisant votre réponse à la question (a)(ii), calculez la distance de l'étoile telle que mesurée par Peter. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Selon Peter, alors que Carrie dépasse l'étoile, elle envoie un signal radio. Déterminez le temps, tel que mesuré par Carrie, pour que ce message atteigne Peter. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

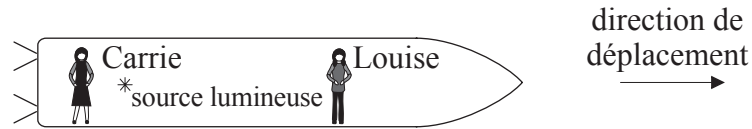
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question H1)

- (d) Carrie et Louise, deux observatrices dans un vaisseau spatial, regardent une source lumineuse placée près de Carrie. Lorsque le vaisseau spatial se déplace à un vecteur vitesse constant, elles mesurent toutes les deux la fréquence de la source lumineuse et elles obtiennent des valeurs identiques.



La grandeur du vecteur vitesse du vaisseau spatial augmente.

Exprimez et expliquez tous changements dans la fréquence de la source lumineuse, tels que mesurés par Louise, qui se produisent pendant l'accélération.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





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

- (a) Calculez la différence de potentiel au moyen de laquelle un proton doit être accéléré, depuis l'état de repos, pour que sa masse-énergie soit égale à trois fois sa masse-énergie au repos. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Calculez la quantité de mouvement de ce proton après l'accélération. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**H3.** Cette question porte sur l'expérience de Michelson-Morley.

(a) (i) Résumez l'objectif de cette expérience.

[1]

.....

.....

.....

(ii) Exprimez et expliquez pourquoi Michelson et Morley firent tourner l'appareil de  $90^\circ$ .

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Exprimez et expliquez la signification du résultat de cette expérience.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**H4.** Cette question porte sur l'espace-temps.

(a) Décrivez ce qu'on entend par espace-temps.

[2]

.....

.....

.....

(b) Exprimez la forme du parcours dans l'espace-temps d'un corps

(i) se déplaçant avec un vecteur vitesse constant.

[1]

.....

.....

(ii) décrivant une orbite autour de la Terre.

[1]

.....

.....

(c) Expliquez comment on utilise l'espace-temps pour décrire l'attraction gravitationnelle entre la Terre et un satellite décrivant une orbite autour de la Terre.

[2]

.....

.....

.....

.....



**Option I — Physique médicale**

**II.** Cette question porte sur l’audition.

(a) Exprimez ce qu’on entend par

(i) l’intensité  $I$  d’une onde sonore.

[1]

.....

.....

(ii) l’intensité de seuil  $I_0$  de l’audition.

[2]

.....

.....

.....

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



(Suite de la question II)

- (b) Un marteau-piqueur produit un bruit d'un niveau d'intensité de 98 dB au niveau de l'oreille d'un ouvrier.

- (i) Calculez l'intensité de ce bruit au niveau de l'oreille.

[3]

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

- (ii) Le niveau d'intensité auquel une gêne est ressentie est 108 dB. Plusieurs marteaux-piqueurs, produisant chacun un niveau d'intensité de bruit de 98 dB au niveau de l'oreille, sont utilisés en même temps. Déterminez le nombre de marteaux-piqueurs qui doivent être utilisés avant que l'ouvrier, qui n'a pas de protecteurs d'oreille, ne ressente une gêne.

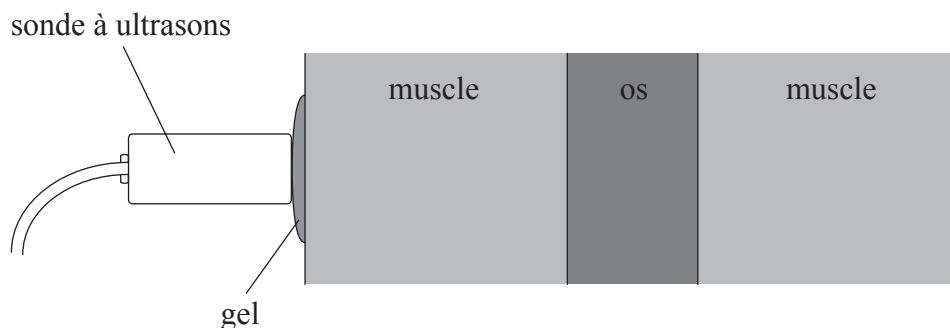
[3]

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



**I2.** Cette question porte sur les ultrasons.

Le schéma ci-dessous montre une partie d'une coupe transversale à travers la jambe d'un patient qui est en train de subir une échographie.



Des données pour la vitesse  $c$  des ultrasons dans différents milieux sont indiquées ci-dessous, avec des valeurs pour l'impédance acoustique  $Z$ .

	$c / \text{m s}^{-1}$	$Z / \text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$
air	$3,3 \times 10^2$	$4,3 \times 10^2$
gel	$1,5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^6$
muscle	$1,5 \times 10^3$	$1,4 \times 10^6$
os	$4,1 \times 10^3$	$7,8 \times 10^6$

(a) Utilisez les données de ce tableau pour calculer une valeur pour la densité de l'os.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question I2)

- (b) La fraction  $F$  de l'intensité d'une onde ultrasonore réfléchie à la limite entre deux milieux ayant des impédances acoustiques  $Z_1$  et  $Z_2$  est donnée par l'équation ci-dessous.

$$F = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

Déterminez la fraction  $F$  pour la limite entre

- (i) l'air et le muscle.

[2]

.....

.....

.....

- (ii) le gel et le muscle.

[2]

.....

.....

.....

- (c) Utilisez vos réponses à la question (b) pour expliquer le besoin d'un gel sur la peau du patient.

[2]

.....

.....

.....

.....



- I3.** Résumez les principes de la production d'une image en utilisant la tomographie assistée par ordinateur.

[5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- I4.** Cette question porte sur l'exposition aux rayonnements.

- (a) Un travailleur sous rayonnements est exposé accidentellement à une source de rayonnement. Exprimez pourquoi il est plus facile de mesurer l'exposition plutôt que la dose absorbée pour ce travailleur.

[2]

.....

.....

.....

.....

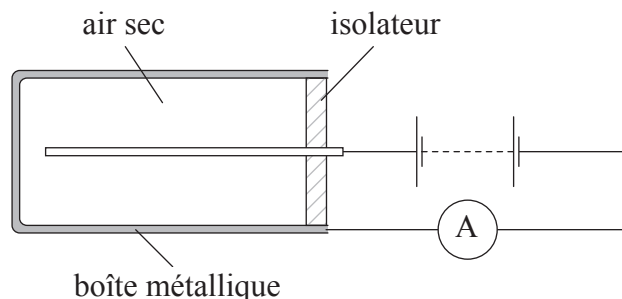
*(Suite de la question à la page suivante)*





(Suite de la question I4)

- (b) On peut mesurer l'exposition au rayonnement  $\gamma$  au moyen d'une petite boîte métallique. Cette boîte contient  $3,6 \times 10^{-3}$  g d'air sec à la pression atmosphérique. Un fil métallique, isolé de la boîte, est situé le long de l'axe de la boîte, comme montré ci-dessous.



Une différence de potentiel est appliquée entre la boîte et le fil central. La boîte est exposée à un rayonnement  $\gamma$  pendant un temps de 90 s. Pendant ce temps, l'ampèremètre sensible enregistre un courant de  $4,8 \times 10^{-7}$  A.

- (i) Déterminez l'exposition produite par le rayonnement  $\gamma$ .

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) L'énergie requise pour produire une paire d'ions dans l'air est 34 eV. Déterminez, en watts, le taux de dépôt d'énergie dans l'air dans la boîte.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

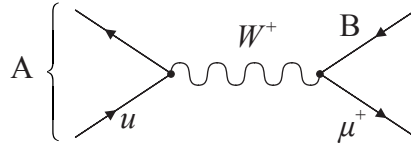


**Option J — Physique des particules**

**J1.** Cette question porte sur les quarks.

Le contenu d'un quark d'un méson  $\pi^+$  comprend un quark up.

Le diagramme de Feynman représente la désintégration d'un méson  $\pi^+$ .



(a) Identifiez les particules légendées A et B. [2]

A : .....  
B : .....

(b) Exprimez, en référence à leurs propriétés, **deux** différences entre un photon et un boson W. [2]

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

(c) La portée approximative de l'interaction faible est  $10^{-18}$  m. Déterminez, en kg, la masse probable du boson W. [2]

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



**J2.** Cette question porte sur un synchrotron.

- (a) Exprimez et expliquez comment les particules dans un faisceau synchrotron sont accélérées.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



(Suite de la question J2)

(b) Dans un synchrotron, des faisceaux de protons et d'antiprotons atteignent des énergies de 1400 GeV. Le rayon du synchrotron est 4,9 km.

(i) L'intensité du champ magnétique dans le synchrotron est 0,95 T. Déterminez, en exprimant toutes suppositions que vous faites, la masse d'un proton dans ce faisceau. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Résumez pourquoi, même aux énergies très élevées de ce faisceau de particules, les collisions sont peu susceptibles d'entraîner la création d'un seul quark libre. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question J2)

- (c) Résumez **deux** avantages de coopération internationale dans la construction et l'utilisation d'accélérateurs de particules à haute énergie. [2]

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



**J3.** Cette question porte sur l'étrangeté.

(a) Résumez **deux** propriétés de l'étrangeté.

[2]

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

(b) L'interaction de particules suivante est proposée.

$$p + \pi^- \rightarrow K^- + \pi^+$$

Dans cette interaction, la charge est conservée.

Exprimez, en termes de conservation d'étrangeté et de baryons, si cette interaction est possible.

[2]

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



**J4.** Cette question porte sur la diffusion profondément inélastique.

(a) Résumez ce qu'on entend par diffusion profondément inélastique.

[1]

.....

.....

(b) Suggérez, en référence à la liberté asymptotique, pourquoi les expériences de diffusion profondément inélastique indiquent que les quarks se comportent comme des particules libres à l'intérieur d'un nucléon.

[2]

.....

.....

.....

.....



**J5.** Cette question porte sur les conditions dans l'univers primordial.

À un moment donné dans l'univers primordial, l'énergie moyenne des particules était 500 keV. On pense que la nucléosynthèse a été le mécanisme prédominant pour l'interaction des particules à cette période-là.

- (a) Montrez que la température de l'univers à laquelle la nucléosynthèse se produisit était  $4 \times 10^9 \text{ K}$ . [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) La nucléosynthèse ne fut prédominante que pendant une période courte dans l'univers primordial. Expliquez pourquoi cette période fut courte et pourquoi la nucléosynthèse ne se reproduisit plus. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

