

22146524



PHYSIQUE
NIVEAU MOYEN
ÉPREUVE 3

Numéro de session du candidat

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Jeudi 8 mai 2014 (après-midi)

Code de l'examen

1 heure

2	2	1	4	–	6	5	2	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---

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 [40 points].

Option	Questions
Option A — Vue et phénomènes ondulatoires	1 – 3
Option B — Physique quantique et physique nucléaire	4 – 6
Option C — Technologie numérique	7 – 9
Option D — Relativité et physique des particules	10 – 11
Option E — Astrophysique	12 – 14
Option F — Communication	15 – 17
Option G — Ondes électromagnétiques	18 – 19



40EP01

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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



Option A — Vue et phénomènes ondulatoires

1. Cette question porte sur l'œil et la vue.

- (a) Une lumière verte est projetée sur un filtre jaune. Exprimez la couleur de la lumière qui est transmise à travers ce filtre. [1]

.....

- (b) (i) Un objet blanc est éclairé en même temps avec des intensités égales de lumière rouge et de lumière verte. Exprimez la couleur dans laquelle cet objet apparaîtra à un observateur. [1]

.....

- (ii) Un autre objet blanc est regardé dans une lumière solaire vive. Résumez, en référence aux cellules photosensibles sur la rétine, pourquoi cet objet est vu plus clairement lorsqu'on le regarde directement plutôt que du coin de l'œil. [2]

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

(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

2. Cette question porte sur l'effet Doppler.

(a) Décrivez ce qu'on entend par l'effet Doppler.

[2]

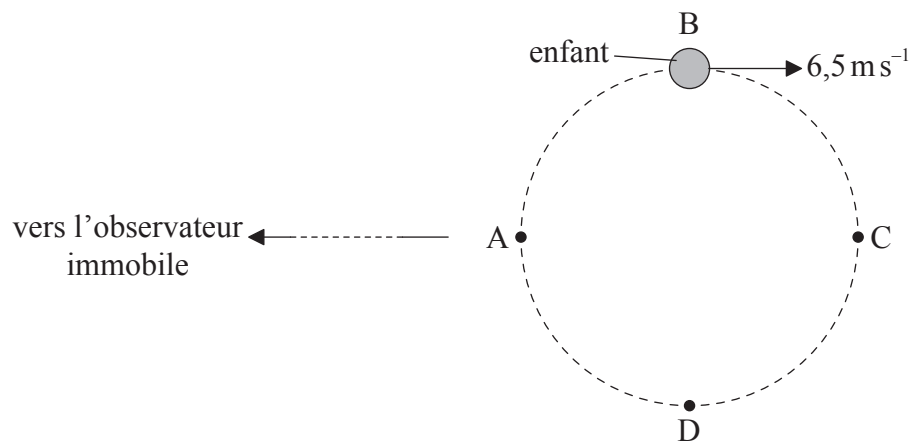
.....

.....

.....

.....

(b) Un enfant sur un manège (carrousel) se déplace avec une vitesse de $6,5 \text{ m s}^{-1}$ le long d'un trajet circulaire horizontal ABCDA. Un observateur immobile se trouve à une grande distance de ce manège.



Cette enfant souffle dans un sifflet tout en se déplaçant de la position B à la position D. Ce sifflet émet un son d'une fréquence de 850 Hz . La vitesse du son dans l'air est 330 m s^{-1} .

(i) Déterminez la fréquence minimum du son entendu par cet observateur.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 2)

- (ii) Décrivez la variation de la fréquence du son entendu par cet observateur. [2]

.....

.....

.....

.....

3. Cette question porte sur la résolution et la polarisation.

- (a) Exprimez le critère de Rayleigh. [2]

.....

.....

.....

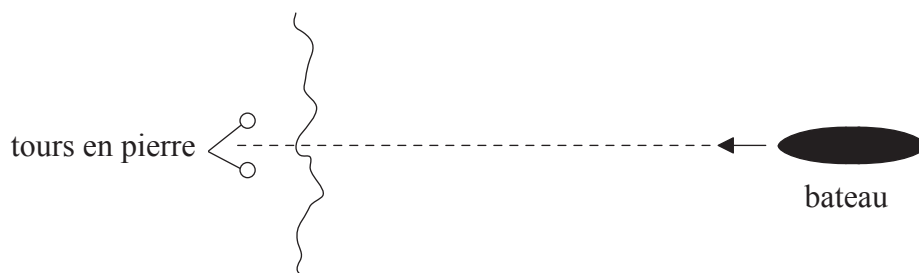
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 3)

- (b) Un bateau navigue vers deux tours en pierre construites sur la terre.



Emlyn, qui se trouve sur ce bateau, regarde ces tours. Les pupilles des yeux d'Emlyn ont chacune un diamètre de 2,0 mm. La longueur d'onde moyenne de la lumière solaire est 550 nm.

- (i) Calculez la distance angulaire de ces deux tours lorsque les images des tours sont juste résolues par Emlyn. [1]

.....

.....

- (ii) Emlyn peut juste résoudre les images des deux tours lorsqu'elle est à une distance de 11 km des tours. Déterminez la distance entre les deux tours. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 3)

- (c) L'intensité de la lumière solaire augmente soudain. Il en résulte un changement dans la distance entre Emlyn et les tours à laquelle leurs images sont juste résolues. Exprimez et expliquez, en référence à la réponse de l'œil, comment cette distance change. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) Emlyn met une paire de lunettes de soleil polarisantes. Expliquez comment ces lunettes de soleil réduisent l'intensité de la lumière, reflétée sur la mer, qui pénètre dans les yeux d'Emlyn. [2]

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option A



Option B — Physique quantique et physique nucléaire

4. Cette question porte sur la dualité onde-particule.

(a) Décrivez ce qu'on entend par l'hypothèse de Louis de Broglie.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Une particule d'une masse de $6,4 \times 10^{-27} \text{ kg}$ et d'une charge de $3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$ est accélérée depuis l'état de repos au moyen d'une différence de potentiel de 25 kV.

(i) Calculez l'énergie cinétique de cette particule.

[1]

.....

.....

(ii) Déterminez la longueur d'onde de Louis de Broglie de cette particule.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Suite de l'option B)

5. Cette question porte sur les spectres atomiques.

- (a) Expliquez comment les spectres de raies atomiques fournissent la preuve de l'existence de niveaux d'énergie électronique discrets dans les atomes. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

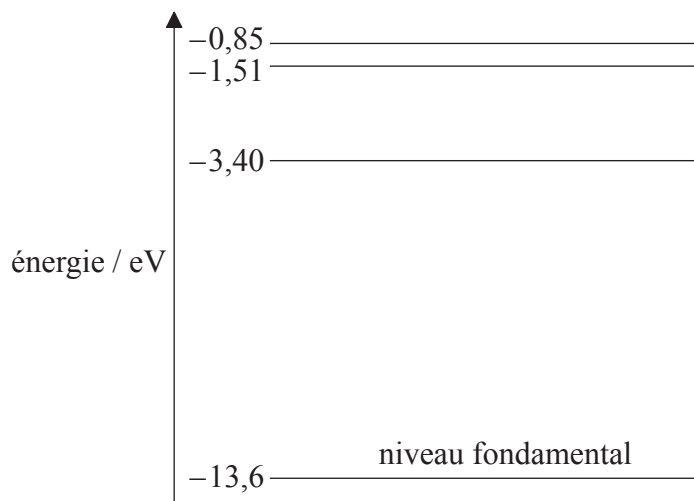
.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 5)

- (b) Le diagramme ci-dessous montre quelques-uns des niveaux d'énergie d'un atome d'hydrogène.



- (i) Calculez la longueur d'onde du photon qui sera émis lorsqu'un électron passe du niveau d'énergie de $-3,40 \text{ eV}$ au niveau d'énergie de $-13,6 \text{ eV}$. [3]

- (ii) Exprimez et expliquez s'il est possible pour un atome d'hydrogène au niveau fondamental d'absorber un photon avec une énergie de $12,5 \text{ eV}$. [2]

(L'option B continue sur la page suivante)



(Suite de l'option B)

6. Cette question porte sur la désintégration radioactive.

(a) Définissez la *constante de désintégration* d'un isotope radioactif. [1]

.....

.....

(b) Montrez que la constante de désintégration λ est liée à la demi-vie $T_{\frac{1}{2}}$ par l'expression

$$\lambda T_{\frac{1}{2}} = \ln 2. \quad [2]$$

.....

.....

.....

.....

(c) Le strontium-90 est un isotope radioactif avec une demi-vie de 28 ans. Calculez le temps pris pour que 65 % des noyaux de strontium-90 dans un échantillon de cet isotope se désintègrent. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option B



Option C — Technologie numérique

7. Cette question porte sur les dispositifs numériques.

(a) Un signal analogique de 22 V est converti en un signal numérique.

(i) Déterminez le nombre binaire qui correspond à 22.

[1]

.....
.....

(ii) Résumez comment ce signal numérique est stocké sur le disque compact (CD).

[2]

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

(iii) Décrivez comment les informations stockées sur le CD sont récupérées.

[2]

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

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 7)

(b) On peut aussi stocker des informations numériques sur un dispositif de transfert de charge (CCD).

(i) Une lumière incidente sur un pixel entraîne le développement d'une différence de potentiel de part et d'autre de ce pixel. Exprimez la propriété de cette lumière incidente qui est proportionnelle à la différence de potentiel. [1]

.....

(ii) Des photons incidents sur le pixel d'un CCD particulier fournissent une énergie de $4,5 \times 10^{-16}$ J à ce pixel. La fréquence des photons est $6,2 \times 10^{14}$ Hz. Le rendement quantique d'un pixel est 84 % et la capacité de ce pixel est 25 pF. Déterminez la différence de potentiel développée de part et d'autre de ce pixel. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

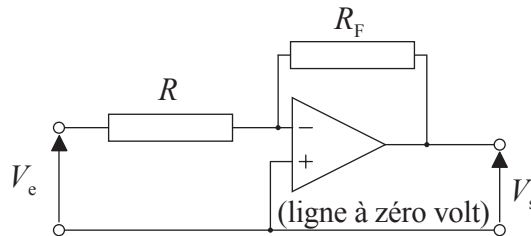
(L'option C continue sur la page suivante)



(Suite de l'option C)

8. Cette question porte sur les amplificateurs opérationnels (amp. op.).

(a) Le schéma ci-dessous montre un amplificateur inverseur.



Cet amplificateur opérationnel fonctionne avec une alimentation de $\pm 6,0$ V. La résistance de R_F est $75\text{ k}\Omega$ et la résistance de R est $15\text{ k}\Omega$.

(i) Exprimez **une** propriété d'un amplificateur opérationnel parfait. [1]

.....

.....

(ii) Déterminez le gain en boucle fermée de l'amplificateur inverseur. [1]

.....

.....

(iii) Calculez la tension d'entrée à laquelle une saturation positive est obtenue. [1]

.....

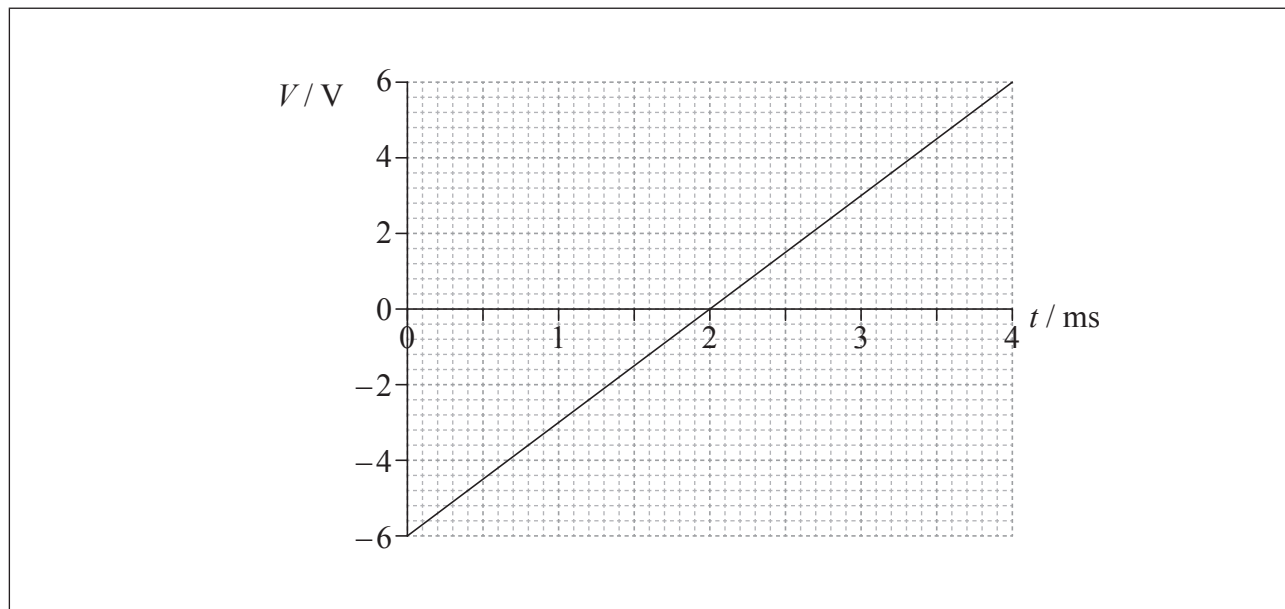
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 8)

- (b) La tension d'entrée V sur l'amplificateur inverseur en (a) varie en fonction du temps t conformément au graphique ci-dessous.



Sur les axes, esquissez un graphique pour montrer comment la tension de sortie varie en fonction du temps.

[3]

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

Un passager dans un train en France a une conversation de 10 minutes sur son téléphone portable avec un ami au Canada. Résumez le rôle des stations de base, du central téléphonique cellulaire et du réseau téléphonique public commuté (RTPC) dans cet appel téléphonique.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option C



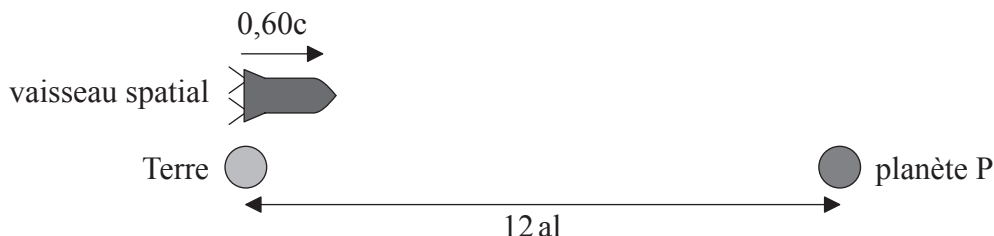
40EP15

Tournez la page

Option D — Relativité et physique des particules

10. Cette question porte sur la cinématique relativiste.

Le schéma ci-dessous montre un vaisseau spatial tandis qu'il passe devant la Terre alors qu'il se dirige vers une planète P. Cette planète est au repos par rapport à la Terre.



La distance entre la Terre et la planète P est 12 al telle que mesurée par des observateurs sur la Terre. Le vaisseau spatial se déplace avec une vitesse de $0,60c$ par rapport à la Terre.

Considérez deux évènements :

Évènement 1 : lorsque le vaisseau spatial est au-dessus de la Terre

Évènement 2 : lorsque le vaisseau spatial est au-dessus de la planète P

Judy est dans le vaisseau spatial et Peter est au repos sur la Terre.

- (a) Exprimez la raison pour laquelle l'intervalle de temps entre l'évènement 1 et l'évènement 2 est un intervalle de temps propre tel que mesuré par Judy. [1]

- (b) (i) Calculez l'intervalle de temps entre l'évènement 1 et l'évènement 2 selon Peter. [1]

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 10)

- (ii) Calculez l'intervalle de temps entre l'évènement 1 et l'évènement 2 selon Judy. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Judy se considère comme étant au repos. Selon Judy, la Terre et la planète P se déplacent vers la gauche.

- (i) Calculez, selon Judy, la distance séparant la Terre et la planète P. [1]

.....

.....

- (ii) En utilisant vos réponses à (b)(ii) et à (c)(i), déterminez la vitesse de la planète P par rapport au vaisseau spatial. [1]

.....

.....

- (iii) Commentez votre réponse à (c)(ii). [1]

.....

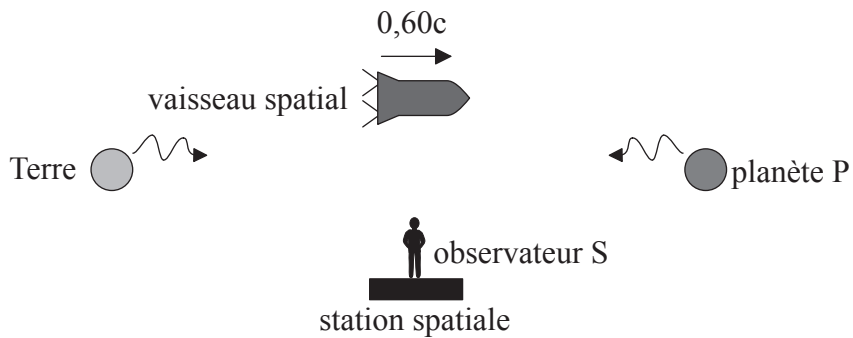
.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 10)

- (d) À un point à mi-chemin entre la Terre et la planète P, le vaisseau spatial passe devant une station spatiale qui est au repos par rapport à la Terre et à la planète P. À cet instant, des signaux radio sont envoyés vers le vaisseau spatial depuis la Terre et la planète P. Ces signaux sont émis simultanément selon un observateur S au repos sur la station spatiale.



Déterminez, selon Judy dans le vaisseau spatial, quel signal est émis en premier.

[3]

(L'option D continue sur la page suivante)



(Suite de l'option D)

11. Cette question porte sur les interactions fondamentales.

(a) Le kaon est un hadron dont la structure en quarks est $K^+ = u\bar{s}$.

(i) Exprimez et expliquez si le principe d'exclusion de Pauli s'applique aux kaons. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) De l'énergie est fournie au kaon de façon à décomposer cette particule en ses quarks constitutifs. Prédisez, en référence à la couleur des quarks, ce qui se produit alors qu'une énergie de plus en plus grande est fournie au K^+ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

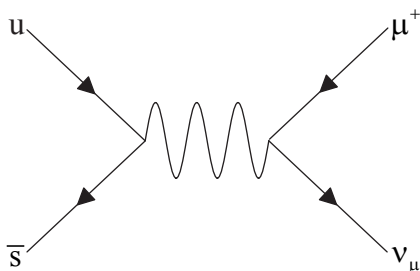
.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 11)

- (b) Le kaon ($K^+ = u\bar{s}$) se désintègre en un antimuon et un neutrino comme le montre le diagramme de Feynman ci-dessous.



- (i) Expliquez pourquoi la particule virtuelle dans ce diagramme de Feynman doit être une particule d'échange d'interaction faible. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) La masse de la particule virtuelle en (b)(i) est à peu près $80 \text{ GeV}c^{-2}$. Estimez la portée de l'interaction faible. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Un élève prétend que le K^+ est produit dans les désintégrations de neutrons selon la réaction $n \rightarrow K^+ + e^-$. Exprimez **une** raison pour laquelle cette affirmation est fausse. [1]

.....

.....

Fin de l'option D



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



40EP21

Tournez la page

Option E — Astrophysique

12. Cette question porte sur les objets dans l'univers.

(a) Exprimez **une** différence entre

(i) une étoile de la séquence principale et une planète.

[1]

.....
.....

(ii) un amas stellaire et une constellation.

[1]

.....
.....

(L'option E continue sur la page suivante)



(Option E, suite de la question 12)

(b) Exprimez comment

- (i) on sait que les étoiles de la séquence principale sont faites principalement d'hydrogène. [1]

.....

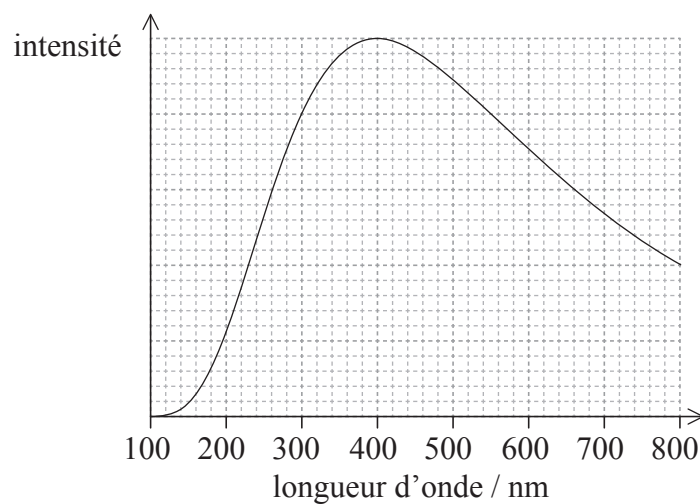
.....

- (ii) une étoile de la séquence principale reste en équilibre bien qu'elle ait une grande masse. [1]

.....

.....

- (c) Le graphique ci-dessous montre la variation de l'intensité d'une étoile de la séquence principale en fonction de la longueur d'onde.



Calculez la température en surface de cette étoile. [2]

.....

.....

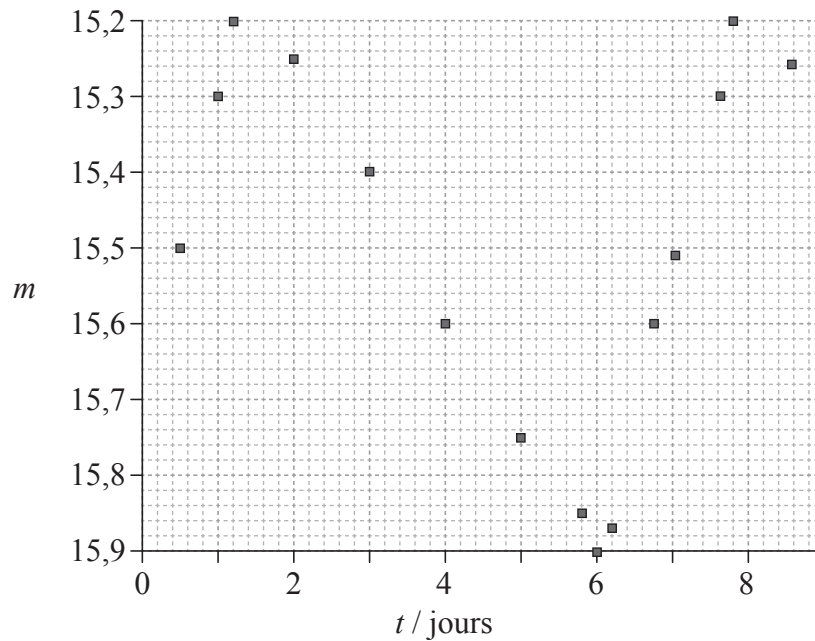
(L'option E continue sur la page suivante)



(Suite de l'option E)

13. Cette question porte sur une céphéide.

- (a) Le graphique ci-dessous montre la variation de la magnitude apparente m d'une céphéide particulière en fonction du temps t .



Exprimez

- (i) que mesure la magnitude apparente.

[1]

.....

- (ii) la raison de la variation de la magnitude apparente de cette étoile.

[1]

.....

.....

(L'option E continue sur la page suivante)



(Option E, suite de la question 13)

- (b) La période T , en jours, de la variation de la magnitude apparente, est liée à la magnitude absolue moyenne M de l'étoile en (a) par l'équation ci-dessous.

$$M = -(2,81 \times \lg T) - 1,43$$

Déterminez la distance par rapport à cette étoile.

[5]

- (c) La brillance stellaire apparente de cette céphéide est $b = 1,5 \times 10^{-14} \text{ W m}^{-2}$. Déterminez la luminosité de cette étoile.

[3]

(L'option E continue sur la page suivante)



(Suite de l'option E)

14. Cette question porte sur le rayonnement fossile cosmique.

(a) Exprimez **deux** caractéristiques du rayonnement fossile cosmique. [2]

1.

2.

(b) Expliquez comment le rayonnement fossile cosmique fournit une preuve pour le modèle du big-bang d'un univers en expansion. [2]

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

Fin de l'option E



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



Option F — Communication

15. Cette question porte sur la modulation.

- (a) (i) Expliquez ce qu'on entend par fréquence modulée (FM).

[2]

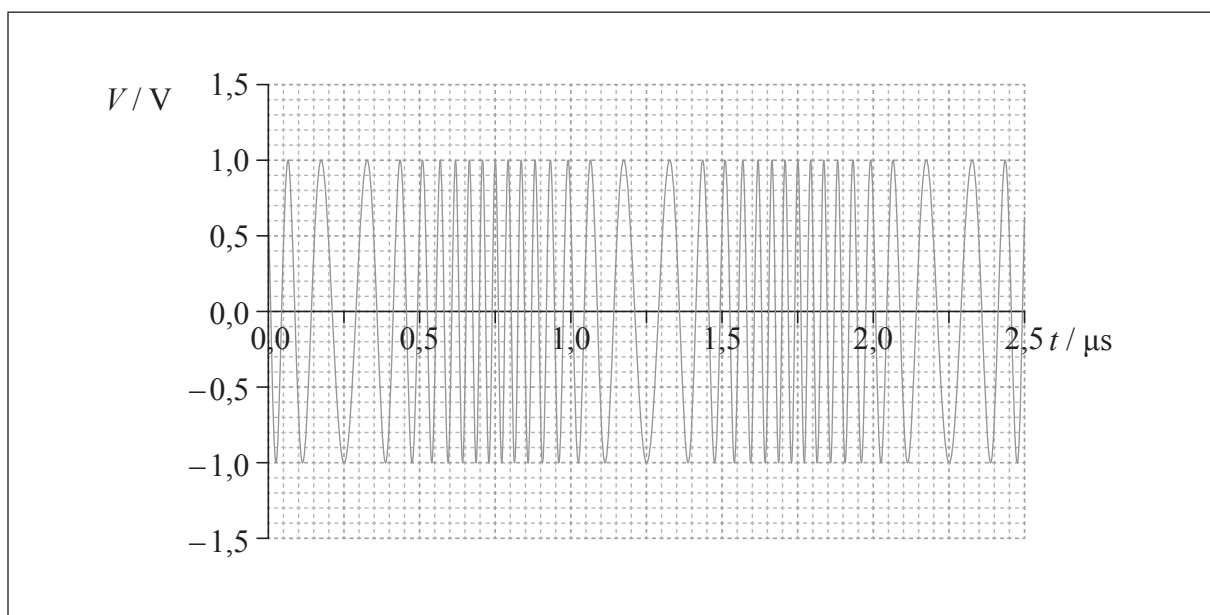
.....

.....

.....

.....

- (ii) Le graphique ci-dessous montre la variation en fonction du temps t de la tension V d'une onde porteuse modulée en fréquence. L'amplitude de l'onde signal est 1,0 V.



Sur les axes ci-dessus, dessinez un graphique esquissé pour montrer la variation en fonction du temps t de la tension de cette onde signal.

[2]

(L'option F continue sur la page suivante)



(Option F, suite de la question 15)

(b) En utilisant le graphique en (a)(ii), déterminez la fréquence de

(i) l'onde porteuse.

[1]

.....
.....

(ii) l'onde signal.

[2]

.....
.....

(c) Exprimez **un** avantage et **un** désavantage de la modulation FM par rapport à la modulation d'amplitude (AM).

[2]

Avantage :

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

Désavantage :

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

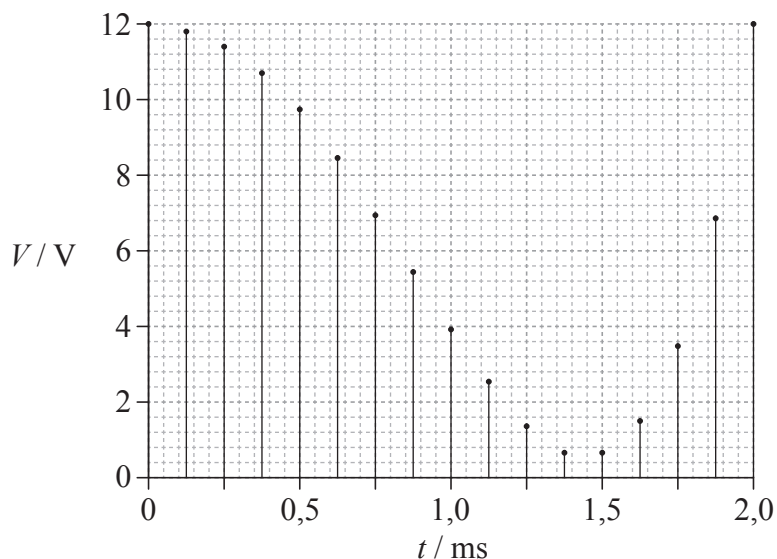
(L'option F continue sur la page suivante)



(Suite de l'option F)

16. Cette question porte sur l'échantillonnage.

Un signal analogique est échantillonné. Le graphique ci-dessous montre la variation en fonction du temps t de la tension V de chaque échantillon.



La tension dans chaque échantillon est arrondie au nombre entier le plus proche.

(a) Déterminez la fréquence d'échantillonnage.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option F continue sur la page suivante)



(Option F, suite de la question 16)

- (b) La tension la plus haute dans un échantillon est 12 V. Déterminez le nombre minimum de bits qui sont nécessaires de façon à représenter chaque échantillon. [2]

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

- (c) Calculez l'équivalent binaire du septième échantillon. [1]

.....
.....

(L'option F continue sur la page suivante)



(Suite de l'option F)

17. Cette question porte sur la transmission numérique et les fibres optiques.

(a) Exprimez ce qu'on entend par atténuation.

[1]

.....
.....

(L'option F continue sur la page suivante)



(Option F, suite de la question 17)

- (b) Un signal numérique doit être transmis le long d'une fibre optique. Le rapport signal/bruit $\left(\text{qui est } 10 \lg \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{bruit}}} \right)$ dans cette fibre ne doit pas tomber en dessous de 35 dB.

Les données suivantes sont disponibles.

Atténuation par unité de longueur dans la fibre optique $= 2,6 \text{ dB km}^{-1}$

La puissance du signal d'entrée est $P_{\text{signal}} = 88 \text{ mW}$

La puissance du bruit dans la fibre est constante à $P_{\text{bruit}} = 52 \text{ pW}$

- (i) Déterminez, en utilisant ces données, la distance la plus grande sur laquelle le signal peut se déplacer avant qu'il ne doive être amplifié. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Cette fibre optique a une longueur totale de 5600 km. Le temps de transmission total le long de la longueur de cette fibre est 28 ms. Estimez l'indice de réfraction de l'âme de cette fibre. [2]

.....

.....

.....

.....

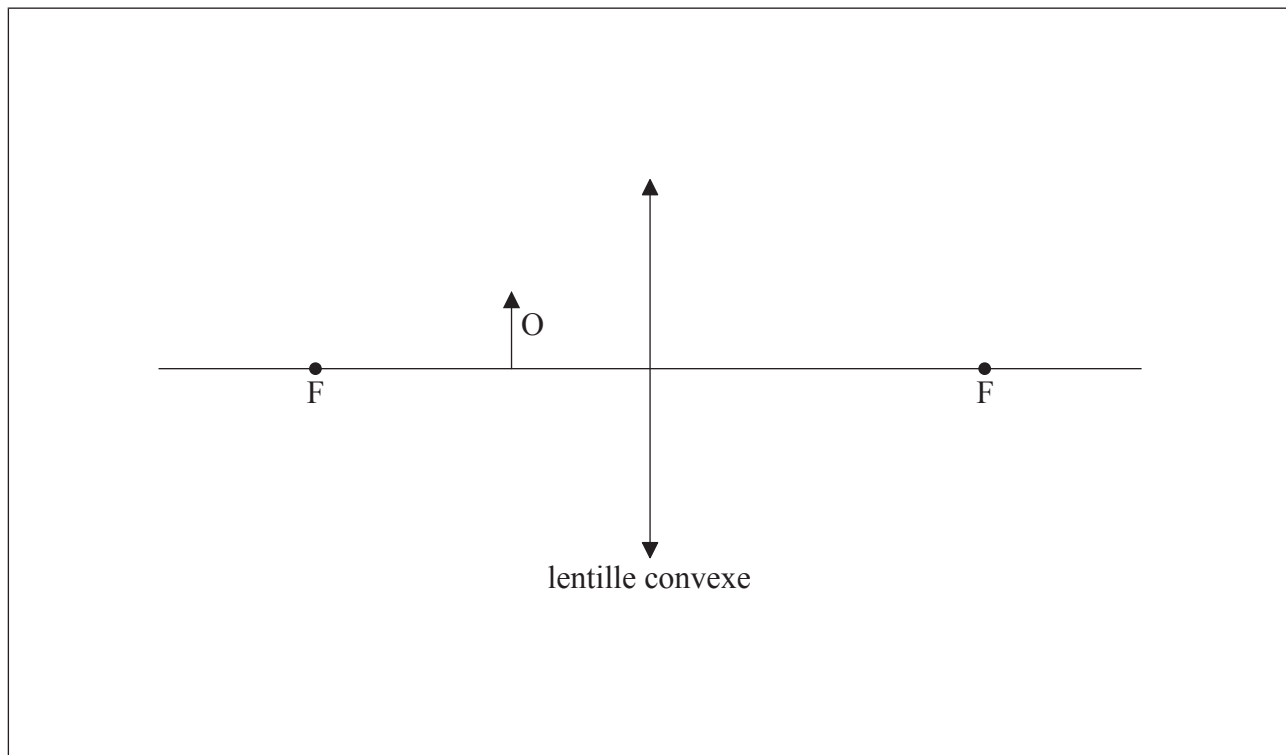
Fin de l'option F



Option G — Ondes électromagnétiques

18. Cette question porte sur une loupe et un télescope.

- (a) On utilise une lentille convergente (convexe) mince comme loupe. Un objet *O* est placé entre un foyer de cette lentille et le centre de cette lentille. Les foyers de cette lentille sont montrés, légendés *F*.



- (i) Définissez le terme *foyer*.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Sur le schéma ci-dessus, construisez des rayons pour situer la position de l'image de cet objet. Légendez l'image *I*.

[3]

(L'option G continue sur la page suivante)



(Option G, suite de la question 18)

- (b) On change la position de la lentille en (a) de manière à ce qu'une image virtuelle de l'objet soit formée au punctum proximum de l'œil. L'œil est très proche de la lentille.

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

.....

.....

- (ii) Résumez l'avantage d'avoir l'image positionnée au punctum proximum de l'œil. [1]

.....

.....

- (c) La lentille en (a) a une distance focale de 6,0 cm et on l'utilise maintenant comme l'oculaire d'un télescope astronomique. L'objectif de ce télescope a une distance focale de 90 cm. On utilise ce télescope à un réglage normal.

- (i) Exprimez la distance entre l'objectif et l'oculaire. [1]

.....

.....

- (ii) Déterminez le grossissement angulaire de ce télescope. [2]

.....

.....

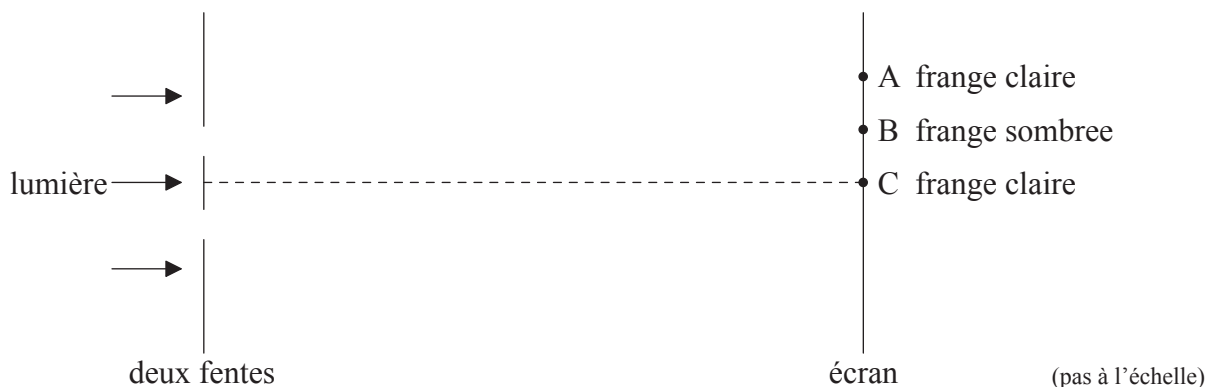
(L'option G continue sur la page suivante)



(Suite de l'option G)

19. Cette question porte sur l'interférence.

Une lumière provenant d'un laser est incidente sur deux fentes parallèles identiques. La lumière provenant de ces deux fentes produit des franges d'interférence sur un écran.



Une frange claire centrale est produite en C. La frange claire suivante est produite en A. Il y a une frange sombre en B.

(a) La lumière provenant du laser est cohérente et monochromatique. Résumez ce qu'on entend par le terme

(i) cohérente.

[1]

(ii) monochromatique.

[1]

(L'option G continue sur la page suivante)



(Option G, suite de la question 19)

- (b) Exprimez la différence de phase entre les ondes lumineuses provenant des deux fentes qui se rencontrent en B. [1]

.....
.....

- (c) La distance entre les deux fentes et l'écran est 1,5 m. La distance BC est 1,8 mm et la distance entre les fentes est 0,30 mm.

- (i) Montrez que le laser produit une lumière d'une longueur d'onde égale à 720 nm. [3]

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

- (ii) Exprimez la différence de chemin, en mètres, entre les ondes qui se rencontrent en B. [1]

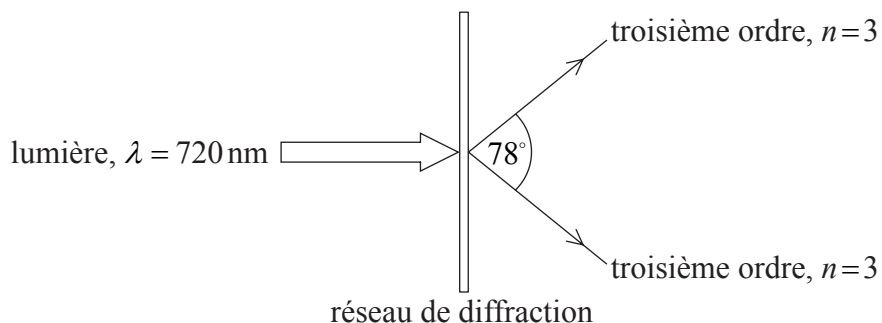
.....
.....

(L'option G continue sur la page suivante)



(Option G, suite de la question 19)

- (d) La lumière provenant du laser est maintenant incidente normalement sur un réseau de diffraction. L'angle entre les ventres d'intensité du troisième ordre est 78° .



Déterminez le nombre de lignes par mètre du réseau de diffraction.

[3]

Fin de l'option G



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



40EP39

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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



40EP40