



International Baccalaureate®  
Baccalauréat International  
Bachillerato Internacional

# **Physique**

## **Niveau Supérieur et Moyen**

**Spécimens des épreuves 1, 2 et 3**

**Premiers examens en 2016**

Révisé en Octobre 2016

## **TABLE DES MATIÈRES**

**Physique niveau supérieur épreuve 1 spécimen d'épreuve**

**Physique niveau supérieur épreuve 1 barème de notation**

**Physique niveau supérieur épreuve 2 spécimen d'épreuve**

**Physique niveau supérieur épreuve 2 barème de notation**

**Physique niveau supérieur épreuve 3 spécimen d'épreuve**

**Physique niveau supérieur épreuve 3 barème de notation**

**Physique niveau moyen épreuve 1 spécimen d'épreuve**

**Physique niveau moyen épreuve 1 barème de notation**

**Physique niveau moyen épreuve 2 spécimen d'épreuve**

**Physique niveau moyen épreuve 2 barème de notation**

**Physique niveau moyen épreuve 3 spécimen d'épreuve**

**Physique niveau moyen épreuve 3 barème de notation**



**PHYSIQUE**  
**NIVEAU SUPÉRIEUR**  
**ÉPREUVE 1**

SPÉCIMEN D'ÉPREUVE

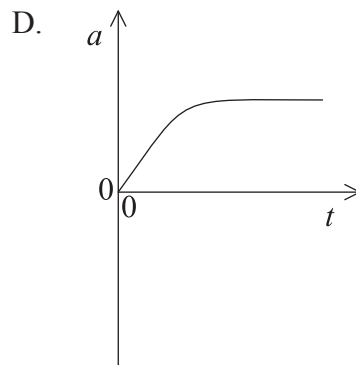
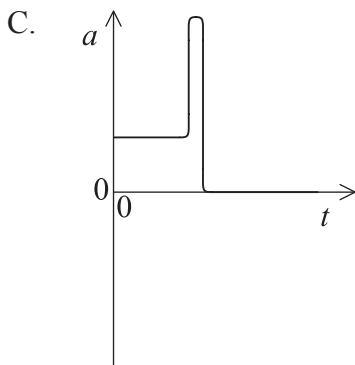
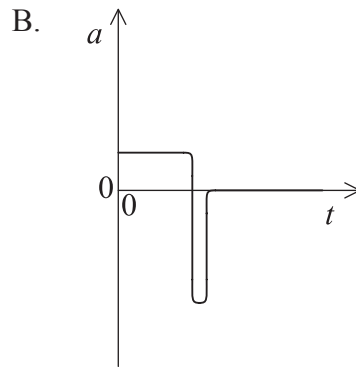
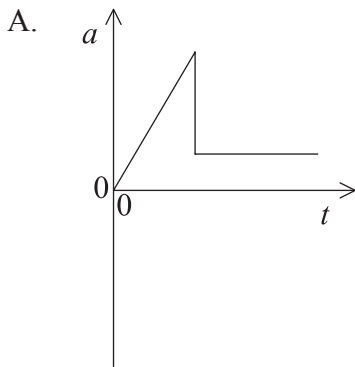
1 heure

---

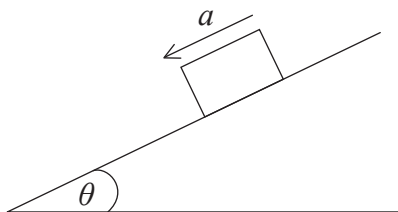
INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS

- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Répondez à toutes les questions.
- Choisissez pour chaque question la réponse que vous estimez la meilleure et indiquez votre choix sur la feuille de réponses qui vous est fournie.
- 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].

1. Un cube a des côtés de  $10(\pm 1)$  mm. Quelle est l'incertitude, exprimée sous forme de pourcentage, sur le volume du cube ?
- A. 1%
  - B. 3%
  - C. 10%
  - D. 30%
2. Une voiture-jouet initialement au repos descend une piste inclinée qui lui confère une accélération de  $2,0 \text{ ms}^{-2}$ . Quelle est la vitesse de la voiture au bout de  $3,0 \text{ s}$  ?
- A.  $6,0 \text{ ms}^{-1}$
  - B.  $9,0 \text{ ms}^{-1}$
  - C.  $45 \text{ ms}^{-1}$
  - D.  $54 \text{ ms}^{-1}$
3. Un parachutiste saute d'un avion et descend en chute libre pendant un court instant avant d'ouvrir son parachute. Lequel de ces graphiques représente la variation de l'accélération  $a$  du parachutiste en fonction du temps  $t$  à partir du moment où il quitte l'avion jusqu'à l'ouverture complète du parachute ?



4. Un objet de masse  $m$  glisse avec une accélération  $a$  sur un plan incliné d'un angle  $\theta$  par rapport à l'horizontale.



L'accélération de chute libre est nommée  $g$ . Quelle est la force de frottement entre l'objet et le plan ?

- A.  $m(g - a)$
  - B.  $m(a \sin \theta + g)$
  - C.  $m(g \sin \theta + a)$
  - D.  $m(g \sin \theta - a)$
5. Une masse est suspendue librement à l'extrémité d'un ressort. Un élève soulève la masse verticalement jusqu'à ce que la tension du ressort devienne nulle. Le gain d'énergie potentielle gravitationnelle pour la masse est égal au travail effectué
- A. par l'élève contre la force gravitationnelle qui agit sur la masse.
  - B. sur la masse par l'élève, plus l'énergie potentielle élastique perdue par le ressort.
  - C. sur la masse par l'élève, moins l'énergie potentielle élastique perdue par le ressort.
  - D. sur la masse par l'élève, moins le travail effectué sur la masse par la tension du ressort.

6. Un objet de masse  $m$  se déplaçant à une vitesse  $u$  entre en collision avec un objet stationnaire identique, et y reste collé. Immédiatement après cette collision, le nouvel objet (constitué des deux objets identiques combinés) se déplace à une vitesse  $v$ . Quelle sera la perte d'énergie cinétique ?

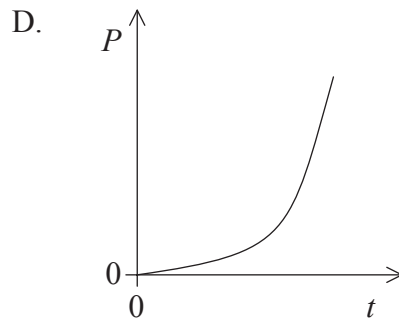
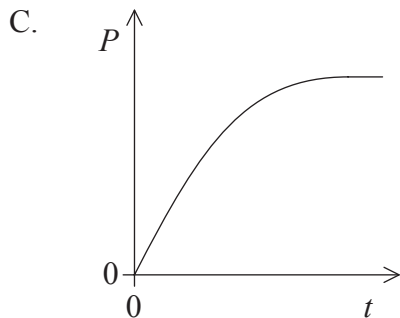
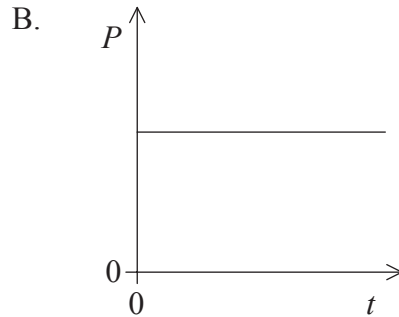
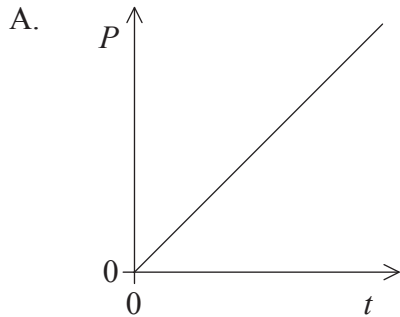
A.  $\frac{1}{4}mu^2$

B.  $\frac{1}{4}mv^2$

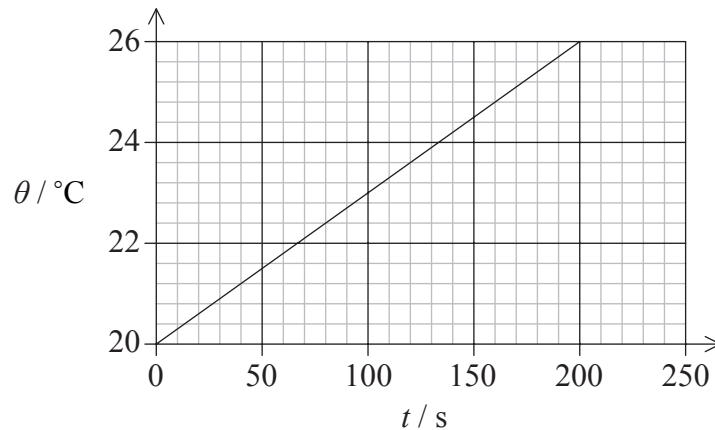
C.  $\frac{1}{2}mv^2$

D.  $\frac{1}{4}m(v-u)^2$

7. Une voiture avance sur une piste horizontale droite. Le moteur de la voiture produit une force d'entraînement constante. La voiture, initialement au repos, démarre. Les effets des frottements et de la résistance de l'air sont supposés négligeables. Lequel de ces graphiques représente la variation en fonction du temps  $t$  de la puissance  $P$  produite par le moteur ?



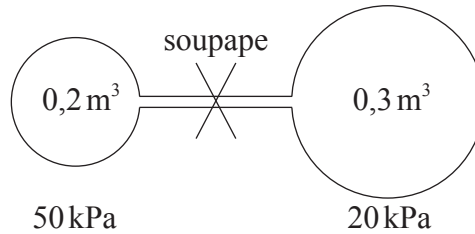
8. Un élément chauffant électrique d'une puissance de 12 W est plongé dans un liquide de masse 0,2 kg. Le graphique représente la variation de la température  $\theta$  du liquide en fonction du temps  $t$ .



Quelle est la valeur de la capacité calorifique massique du liquide ?

- A.  $20 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
  - B.  $500 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
  - C.  $2000 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
  - D.  $12\,000 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
9. Pourquoi la dualité onde-particule est-elle utilisée pour décrire les propriétés de la lumière ?
- A. La lumière est à la fois une onde et une particule.
  - B. Le modèle ondulatoire et le modèle particulaire expliquent tous deux l'ensemble des propriétés de la lumière.
  - C. Certaines propriétés de la lumière peuvent être expliquées plus clairement en utilisant le modèle ondulatoire, et d'autres en utilisant le modèle particulaire.
  - D. Les scientifiques se sentent plus sûrs d'eux-mêmes lorsqu'ils utilisent plusieurs modèles pour expliquer un phénomène.

10. Deux réservoirs séparés, fermés hermétiquement, contiennent de l'air à la même température. Ils sont raccordés par un tube fin sur lequel est installée une soupape. Au départ, l'un des réservoirs contient  $0,2 \text{ m}^3$  d'air à une pression de  $50 \text{ kPa}$  et l'autre réservoir contient  $0,3 \text{ m}^3$  d'air à une pression de  $20 \text{ kPa}$ .



La soupape est ouverte lentement et la température reste constante. Quelle est la pression finale dans les réservoirs ?

- A.  $32 \text{ kPa}$
- B.  $35 \text{ kPa}$
- C.  $38 \text{ kPa}$
- D.  $70 \text{ kPa}$
11. Dans un mouvement harmonique simple, la vitesse est en avance sur le déplacement d'un angle de phase  $\phi$ . Quelle est la valeur de  $\phi$  ?
- A. Zéro
- B.  $\frac{\pi}{4}$
- C.  $\frac{\pi}{2}$
- D.  $\pi$

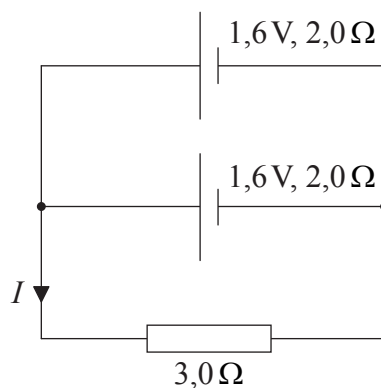


12. Lesquelles des grandeurs suivantes (le cas échéant) seront-elles transmises dans la direction de propagation d'une onde sonore lorsque cette dernière se propage dans l'air ?
- A. La masse uniquement
  - B. L'énergie uniquement
  - C. La masse et l'énergie
  - D. Ni la masse, ni l'énergie
13. Voici quelques-unes des propriétés qui peuvent être démontrées en utilisant des ondes
- I. la réfraction
  - II. la polarisation
  - III. la diffraction.

Lesquelles des propriétés suivantes peuvent-elles être démontrées en utilisant des ondes **sonores** ?

- A. I et II seulement
  - B. I et III seulement
  - C. II seulement
  - D. III seulement
14. Une onde stationnaire est produite par la superposition de deux ondes progressives. Laquelle des affirmations suivantes n'est **pas** correcte ?
- A. Les ondes progressives doivent avoir la même fréquence.
  - B. Les ondes progressives doivent avoir des vecteurs vitesse de même module et parallèles mais de sens opposés.
  - C. Dans l'onde stationnaire, toutes les particules oscillantes ont la même amplitude.
  - D. Dans l'onde stationnaire, les particules situées entre des nœuds adjacents vibrent en phase.

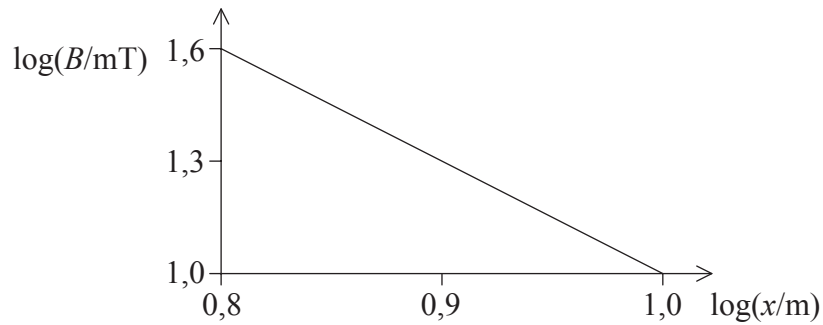
15. Dans un éclair donné, une charge de  $15\text{C}$  s'écoule pendant une durée de  $0,5\text{ms}$ . Quel est le courant moyen ?
- A.  $33\ \mu\text{A}$
- B.  $7,5\ \text{mA}$
- C.  $30\ \text{A}$
- D.  $30\ \text{kA}$
16. Une bobine chauffante est raccordée à une batterie avec une force électromotrice (f.é.m.) de  $10\text{V}$  et une résistance interne négligeable. La puissance dissipée dans la bobine est de  $25\text{W}$ . Quelle est la résistance de la bobine ?
- A.  $0,25\ \Omega$
- B.  $2,5\ \Omega$
- C.  $4,0\ \Omega$
- D.  $250\ \Omega$
17. Deux piles identiques, chacune avec une f.é.m de  $1,6\text{V}$  et une résistance interne de  $2,0\ \Omega$ , sont branchées en parallèle à une résistance de  $3,0\ \Omega$ .



Quelle est la valeur de l'intensité courant  $I$  ?

- A.  $0,4\text{A}$
- B.  $0,6\text{A}$
- C.  $0,8\text{A}$
- D.  $1,6\text{A}$

18. La densité de flux magnétique  $B$  le long de l'axe d'un aimant est mesurée à une distance  $x$  de l'extrémité de l'aimant. Le graphique représente la variation de  $\log B$  en fonction de  $\log x$ .



$B$  est proportionnel à quelle puissance de  $x$  ?

- A.  $-3$
  - B.  $-1,6$
  - C.  $1,6$
  - D.  $3$
19. Un astronaute est en orbite autour de la Terre dans une capsule spatiale. Laquelle des affirmations suivantes est-elle correcte ?
- A. Aucune force gravitationnelle ne s'exerce sur la capsule spatiale ou sur l'astronaute.
  - B. La capsule spatiale et l'astronaute ont la même accélération.
  - C. La capsule spatiale et l'astronaute sont tous deux en équilibre.
  - D. La force gravitationnelle qui s'exerce sur la capsule spatiale est égale à celle qui s'exerce sur l'astronaute.

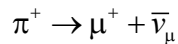
20. Le tableau suivant présente quatre des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène avec les énergies associées.

Niveau d'énergie	Énergie / $10^{-19}$ J
6	-0,6
4	-1,4
2	-5,4
1	-21,8

Lorsqu'un électron passe du niveau 6 au niveau 1, la raie spectrale émise a une longueur d'onde de  $9,4 \times 10^{-8}$  m. Quelle est la longueur d'onde approximative de la raie spectrale émise lorsqu'un électron passe du niveau 4 au niveau 2 ?

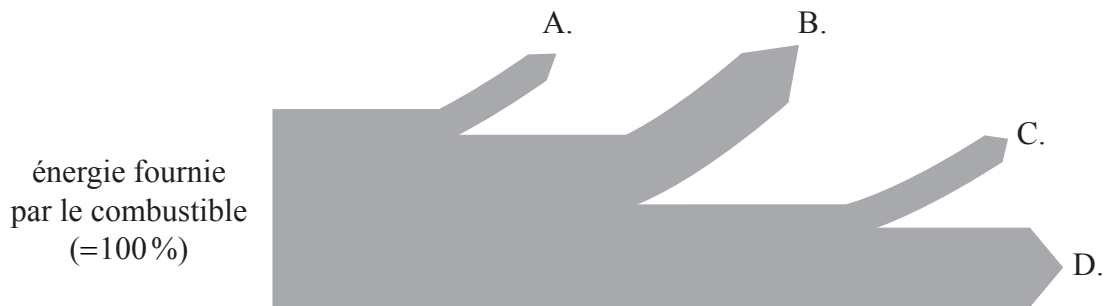
- A.  $5 \times 10^{-4}$  m
- B.  $5 \times 10^{-7}$  m
- C.  $5 \times 10^{-8}$  m
- D.  $5 \times 10^{-10}$  m
21. La valeur de l'énergie de liaison par noyau est
- A. maximale pour les nucléides avec un nombre de nucléons d'environ 60.
- B. directement proportionnelle au rapport neutrons/protons des nucléides.
- C. maximale pour les nucléides avec des charges nucléaires élevées.
- D. maximale pour les nucléides avec des charges nucléaires faibles.

22. Un pion positif est un méson constitué d'un quark *up* et d'un antiquark *down*. Un élève suggère que la désintégration du pion positif est décrite par l'équation suivante.



Cette suggestion est incorrecte car l'une des quantités n'est pas conservée. Quelle quantité n'est **pas** conservée dans l'équation de l'élève ?

- A. La charge
  - B. Le nombre baryonique
  - C. Le nombre leptonique
  - D. L'étrangeté
23. Le diagramme de Sankey suivant présente une centrale à combustible fossile typique avec un rendement global de 40%. Il existe des pertes dues aux frottements, à la transmission électrique et aux transferts d'énergie vers l'environnement plus froid. Quelle flèche représente les pertes d'énergie vers l'environnement ?

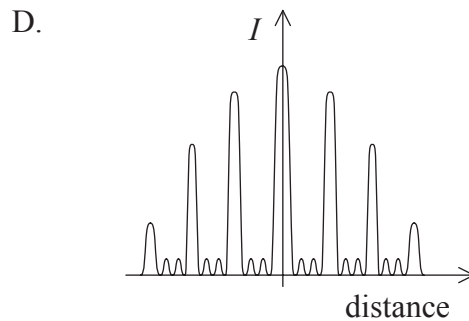
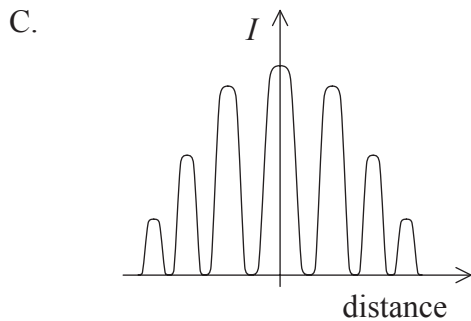
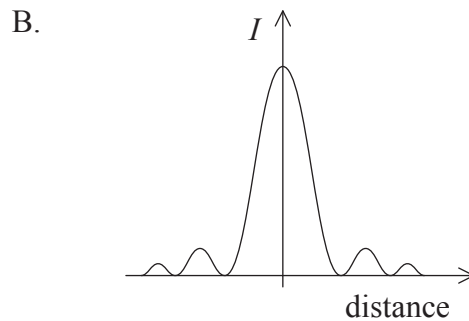
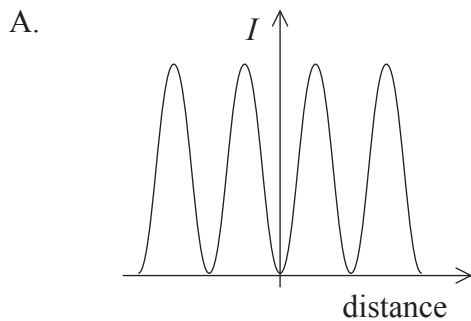


24. La température absolue d'un corps noir augmente de 2%. Quel est l'augmentation, exprimée sous forme de pourcentage, de la puissance émise par le corps noir ?
- A. 2
  - B. 4
  - C. 8
  - D. 16

25. À quoi la conductivité thermique est-elle principalement due dans un gaz ?

- A. Au mouvement des électrons libres
- B. Aux transferts d'énergie des molécules rapides vers les molécules lentes
- C. Aux transferts d'énergie des molécules lentes vers les molécules rapides
- D. Aux vibrations du réseau qui provoquent des collisions avec les molécules avoisinantes

26. Une fente étroite unique est illuminée par un faisceau parallèle de lumière monochromatique et l'image est projetée sur un écran. Lequel des graphiques suivants représente la variation dans la direction horizontale de l'intensité  $I$  de la lumière diffractée sur l'écran ?

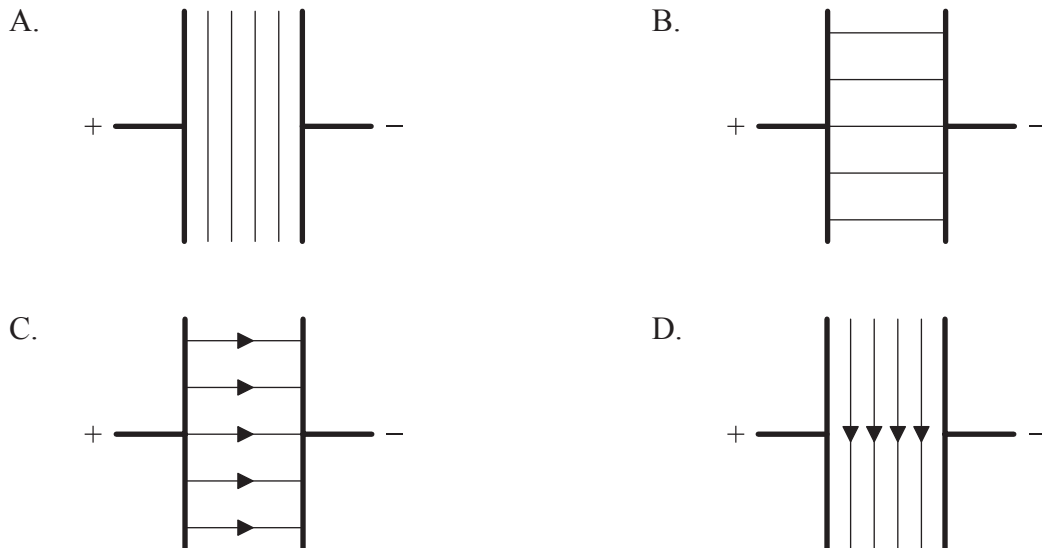


27. Dans une expérience à deux fentes avec de la lumière monochromatique, un motif de franges est formé sur un écran. Pour augmenter la distance séparant les franges, lequel des paramètres suivants faut-il diminuer ?

- A. La longueur d'onde de la lumière
- B. La distance entre les fentes et l'écran
- C. La distance séparant les fentes
- D. L'intensité de la source de lumière

28. Dans un microscope optique donné, quelle est la couleur de lumière la mieux adaptée pour obtenir la meilleure résolution dans l'image finale ?
- A. Jaune
  - B. Rouge
  - C. Vert
  - D. Bleu
29. Une source émet un son d'une fréquence de 500 Hz. La source s'approche d'un observateur stationnaire à une vitesse de  $30 \text{ ms}^{-1}$ . La vitesse du son est de  $330 \text{ ms}^{-1}$ . Quelle est la fréquence du son détecté par l'observateur ?
- A. 460 Hz
  - B. 500 Hz
  - C. 530 Hz
  - D. 550 Hz

30. Lequel des schémas suivants représente les lignes équipotentiellles entre une paire de conducteurs parallèles chargés ?



31. Quelles sont la nature et l'unité correctes du potentiel électrique ?

	<b>Grandeur</b>	<b>Unité</b>
A.	vectorielle	$\text{Vm}^{-1}$
B.	vectorielle	V
C.	scalaire	$\text{Vm}^{-1}$
D.	scalaire	V

32. La vitesse de libération sur une planète de masse  $M$  et de rayon  $r$  est notée  $v$ . Quelle serait la vitesse de libération sur une planète de masse  $2M$  et de rayon  $\frac{r}{2}$  ?

A.  $\frac{v}{2}$

B.  $v$

C.  $2v$

D.  $4v$

33. Le champ gravitationnel à proximité de la surface d'une planète est uniforme. La différence de potentiel gravitationnel entre la surface de la planète et un point situé à 30,0m d'altitude est de  $15 \text{ Jkg}^{-1}$ . Quel est le travail effectué en soulevant une masse de 4,0kg depuis la surface jusqu'à un point situé à 10,0m d'altitude ?

A. 5J

B. 10J

C. 20J

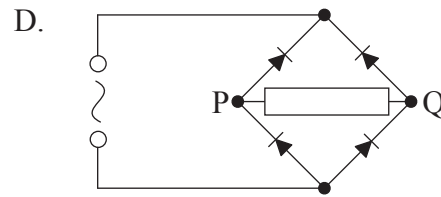
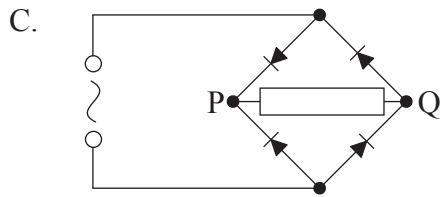
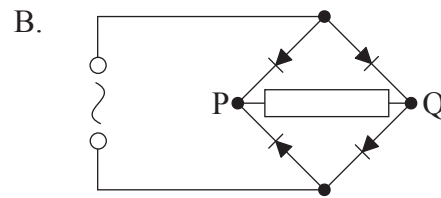
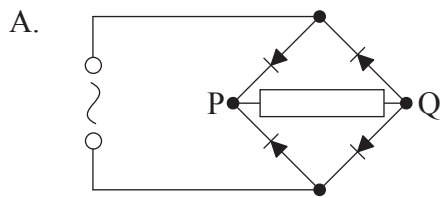
D. 80J



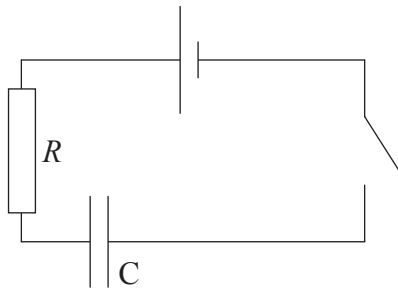
34. La loi de Lenz concerne l'induction électromagnétique. Quelle est la grandeur physique dont la conservation est à l'origine de cette loi ?

- A. La quantité de mouvement
- B. L'énergie
- C. La charge
- D. Le courant

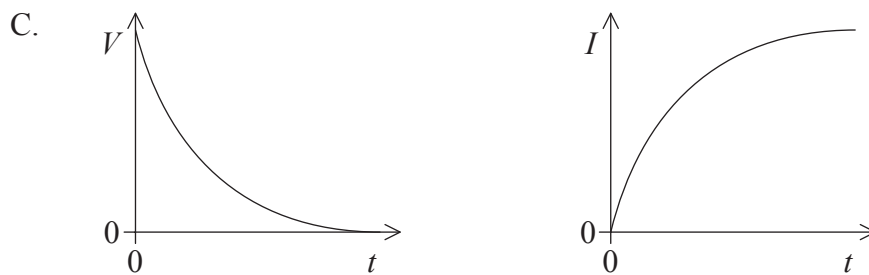
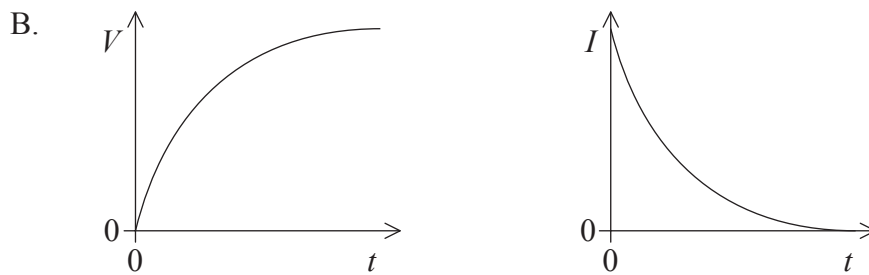
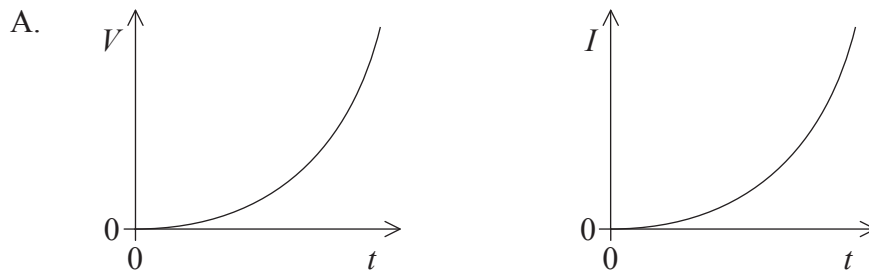
35. Lequel des ponts de diodes suivants est-il utilisé pour produire un redressement à double alternance d'une tension alternative de manière à ce que P soit positif et Q négatif ?



36. Le circuit présenté ci-dessous est utilisé pour charger un condensateur  $C$  à travers une résistance  $R$ .



Laquelle des paires de graphiques ci-dessous représente la variation en fonction du temps  $t$  de la différence de potentiel  $V$  aux bornes du condensateur ainsi que du courant  $I$  dans le circuit, à partir de l'instant où l'interrupteur est fermé ?



37. Le travail d'extraction d'un métal est égal à
- A. la plus grande énergie avec laquelle un électron peut être éjecté de la surface par émission photoélectrique.
  - B. la plus faible énergie avec laquelle un électron peut être éjecté de la surface par émission photoélectrique.
  - C. la différence entre l'énergie d'un photon incident sur la surface et l'énergie de l'électron le moins énergétique éjecté.
  - D. la différence entre l'énergie d'un photon incident sur la surface et l'énergie de l'électron le plus énergétique éjecté.
38. La densité de la matière dans le noyau d'un atome
- A. est constante.
  - B. dépend du nombre total de nucléons dans le noyau.
  - C. dépend seulement du nombre de protons dans le noyau.
  - D. dépend seulement du nombre de neutrons dans le noyau.
39. Un faisceau étroit d'électrons traverse une lame cristalline mince dans un tube sous vide. Une série d'anneaux apparaît sur un écran fluorescent à l'extrémité du tube. Quel phénomène dans la lame peut-il expliquer cette observation ?
- A. L'émission de rayons X
  - B. La diffraction d'électrons
  - C. La diffusion d'électrons
  - D. L'éjection de neutrons
40. Dans la désintégration radioactive  $\beta$ , les particules  $\beta$  sont émises avec un spectre d'énergies continu. Ceci est dû
- A. au fait que les noyaux émettant des particules  $\beta$  n'ont pas de niveaux d'énergie discrets.
  - B. au fait que plusieurs particules  $\beta$  d'énergies différentes sont émises lors d'un changement d'énergie donné.
  - C. au fait que lors des changements d'énergie, les particules  $\beta$  partagent l'énergie avec les neutrinos.
  - D. au fait que la désintégration  $\beta$  est toujours accompagnée de l'émission de photons  $\gamma$ .
-





# **BARÈME DE NOTATION**

## **SPÉCIMEN D'ÉPREUVE**

### **PHYSIQUE**

#### **Niveau supérieur**

#### **Épreuve 1**

1.	<u>D</u>	16.	<u>C</u>	31.	<u>D</u>	46.	<u>-</u>
2.	<u>A</u>	17.	<u>A</u>	32.	<u>C</u>	47.	<u>-</u>
3.	<u>B</u>	18.	<u>A</u>	33.	<u>C</u>	48.	<u>-</u>
4.	<u>D</u>	19.	<u>B</u>	34.	<u>B</u>	49.	<u>-</u>
5.	<u>B</u>	20.	<u>B</u>	35.	<u>A</u>	50.	<u>-</u>
6.	<u>A</u>	21.	<u>A</u>	36.	<u>B</u>	51.	<u>-</u>
7.	<u>A</u>	22.	<u>C</u>	37.	<u>D</u>	52.	<u>-</u>
8.	<u>C</u>	23.	<u>B</u>	38.	<u>A</u>	53.	<u>-</u>
9.	<u>C</u>	24.	<u>C</u>	39.	<u>B</u>	54.	<u>-</u>
10.	<u>A</u>	25.	<u>B</u>	40.	<u>C</u>	55.	<u>-</u>
11.	<u>C</u>	26.	<u>B</u>	41.	<u>-</u>	56.	<u>-</u>
12.	<u>B</u>	27.	<u>C</u>	42.	<u>-</u>	57.	<u>-</u>
13.	<u>B</u>	28.	<u>D</u>	43.	<u>-</u>	58.	<u>-</u>
14.	<u>C</u>	29.	<u>D</u>	44.	<u>-</u>	59.	<u>-</u>
15.	<u>D</u>	30.	<u>A</u>	45.	<u>-</u>	60.	<u>-</u>

**PHYSIQUE  
NIVEAU SUPÉRIEUR  
ÉPREUVE 2**

Numéro de session du candidat

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

SPÉCIMEN D'ÉPREUVE

2 heures 15 minutes

Code de l'examen

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

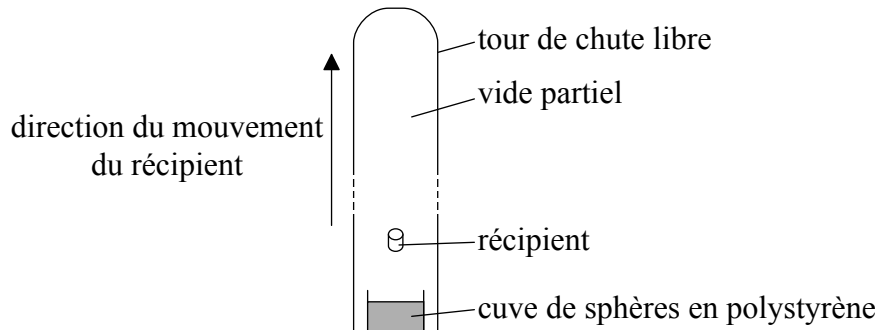
**INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS**

- 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.
- 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 [95 points].



Répondez à **toutes** les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

1. Dans la tour verticale de chute libre représentée, des récipients contenant des expériences sont lancés vers le haut.



Le récipient se déplace sous l'action de la gravité et finit par retomber au fond de la tour. La majeure partie de l'air est évacuée de la tour de manière à ce que la résistance de l'air soit négligeable. Pendant son vol, le récipient et son contenu sont en chute libre.

- (a) Le récipient est lancé verticalement vers le haut avec une vitesse initiale de  $48 \text{ m s}^{-1}$ . Déterminer la durée pendant laquelle le récipient est en vol. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)





*(Suite de la question 1)*

- (b) À la fin du vol, le récipient dont la masse totale est de 480 kg tombe dans une cuve pleine de sphères en polystyrène expansé afin de le ralentir. Le récipient s'arrête au bout d'une course de 8,0 m dans le polystyrène. Calculer la force moyenne exercée sur le récipient par les sphères. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Résumer les raisons pour lesquelles les expériences dans le récipient peuvent être considérées comme soumises à des conditions d'apesanteur. [2]

.....

.....

.....

.....

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



*(Suite de la question 1)*

(d) La tour a une hauteur de 120 m avec un diamètre interne de 3,5 m. Lorsque la majeure partie de l'air a été évacuée, la pression dans la tour est de 0,96 Pa.

(i) Déterminer le nombre de molécules d'air dans la tour lorsque la température de l'air est de 300 K. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Résumer le raisonnement indiquant si le comportement de l'air restant dans la tour représente une approximation du comportement d'un gaz parfait. [2]

.....

.....

.....

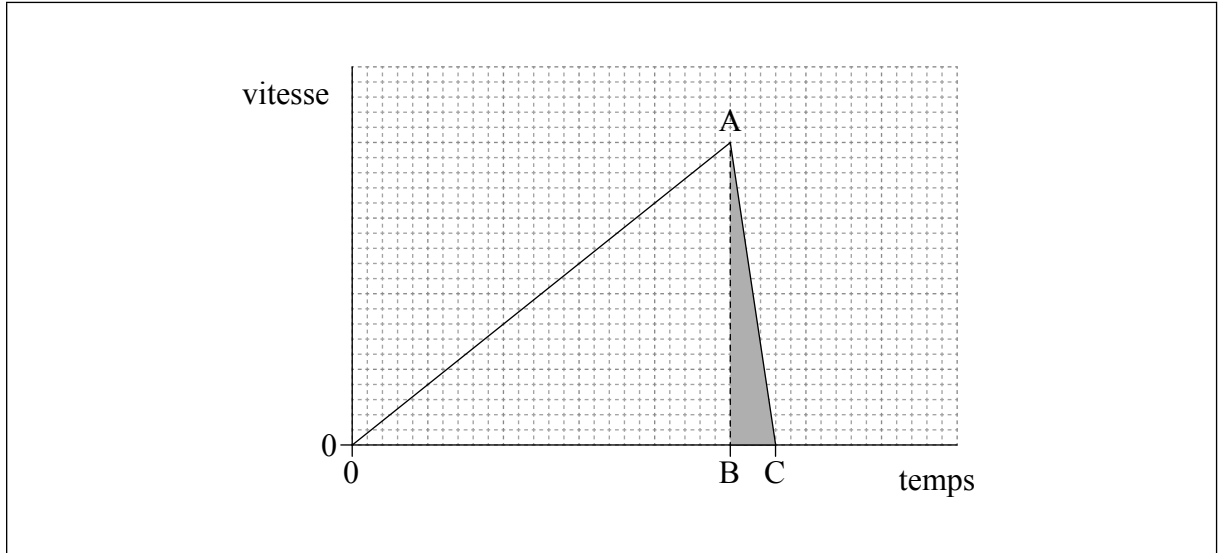
.....

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



(Suite de la question 1)

- (e) Le récipient peut aussi être lâché du haut de la tour en étant initialement au repos. Le graphique représente la variation de la vitesse du récipient par rapport au temps à partir de l'instant où l'objet est lâché dans la tour sous un vide partiel.



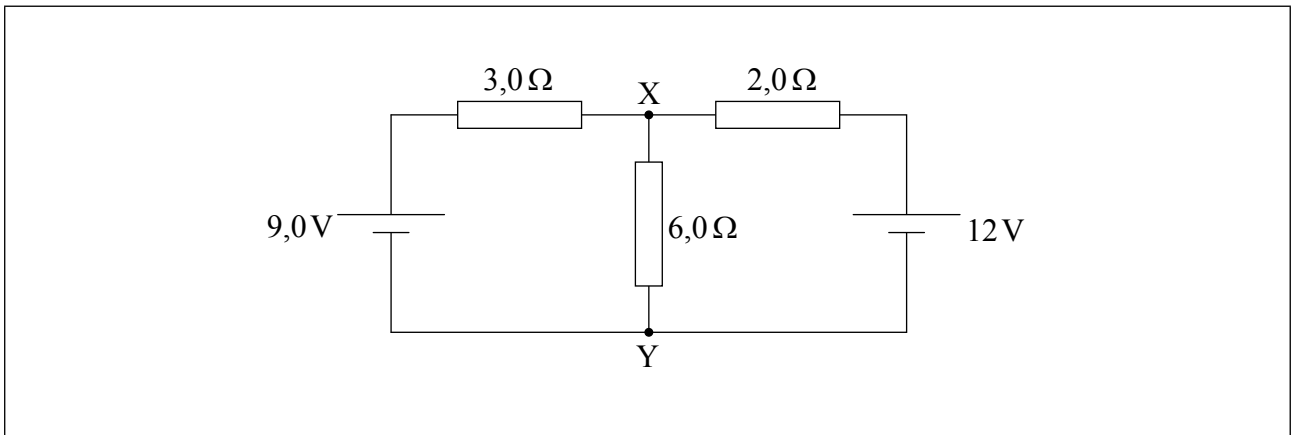
- (i) Exprimer la grandeur représentée par l'aire ombragée ABC. [1]

.....

- (ii) De l'air est introduit dans la tour. L'air dans la tour étant à la pression atmosphérique, le récipient est lâché du haut de la tour. En utilisant les axes dans (e), représenter un graphique montrant la variation de la vitesse du récipient en fonction du temps à partir de l'instant où le récipient est lâché, l'air étant à la pression atmosphérique. [3]



2. Le schéma ci-dessous représente un circuit électrique avec les valeurs de ses composants. Les piles ont une résistance interne négligeable.



- (a) Montrer, en utilisant les lois de Kirchhoff, que le courant dans la résistance de  $6,0\ \Omega$  vaut  $1,5\ \text{A}$ .

[4]

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

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



*(Suite de la question 2)*

- (b) (i) Calculer la différence de potentiel entre X et Y. [1]

.....

.....

- (ii) Résumer le raisonnement indiquant si X **ou** Y est à un potentiel plus élevé. [1]

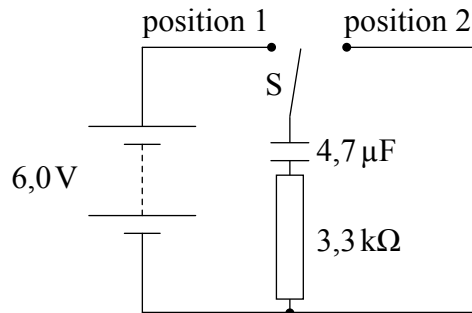
.....

.....

.....

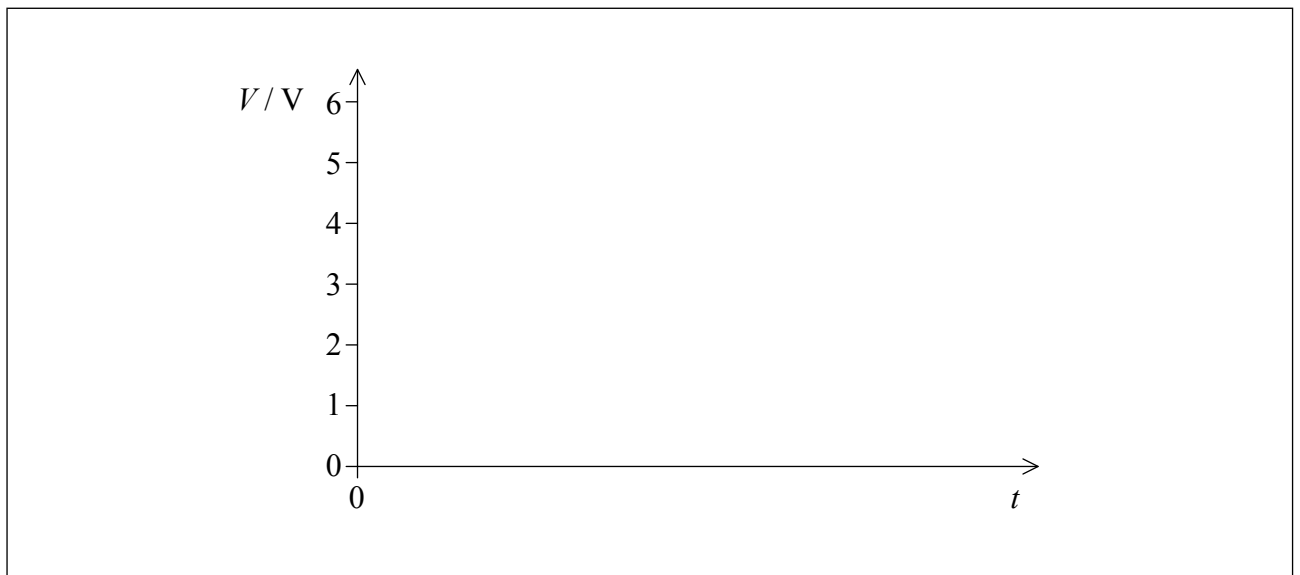


3. Un circuit est conçu pour fournir des impulsions de charge régulières à une résistance de  $3,3\text{ k}\Omega$  au moyen d'un interrupteur électronique S.



Le condensateur est initialement déchargé. La batterie a une résistance interne négligeable. La capacité du condensateur est de  $4,7\text{ }\mu\text{F}$ .

- (a) À la date  $t=0$ , l'interrupteur est mis en position 1. En utilisant les axes, dessiner un graphique montrant comment la différence de potentiel  $V$  aux bornes du condensateur varie en fonction du temps  $t$  à mesure que le condensateur se charge. Une échelle des temps n'est pas nécessaire. [2]



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

(b) Une impulsion de charge unique est produite en plaçant l'interrupteur S sur la position 2 pendant 6,3 ms.

(i) Montrer que la différence de potentiel aux bornes du condensateur chute d'environ 2 V pendant la durée de l'impulsion. [3]

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

(ii) Calculer la charge qui s'écoule dans le circuit pendant l'impulsion. [2]

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

(iii) La batterie a une capacité de charge de 0,55 Ah et le circuit produit une impulsion chaque seconde. Calculer la durée, en années, pendant laquelle la batterie peut alimenter le circuit. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

- (iv) Deux batteries en série, chacune avec une f.é.m. de 6,0V et une résistance interne négligeable, remplacent la batterie seule précédemment utilisée. Tous les autres composants du circuit restent inchangés. Comparer l'énergie transférée hors des deux batteries à l'énergie transférée hors de la batterie seule au cours d'un cycle de charge-décharge. [2]

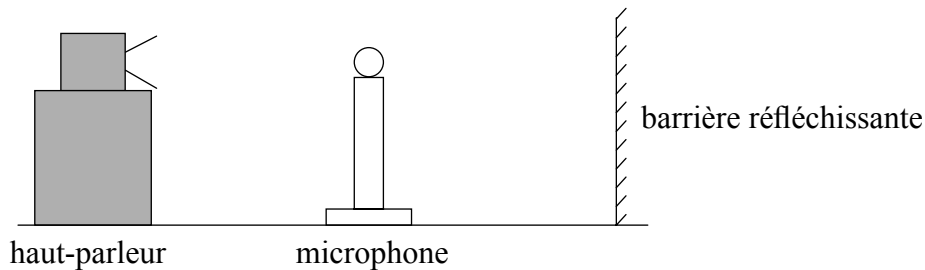
.....

.....

.....

.....

- 4. Un haut-parleur émet des ondes sonores d'une fréquence unique et dirigées vers une barrière réfléchissante.



Un microphone est déplacé sur une ligne droite entre le haut-parleur et la barrière. On détecte une séquence de maximums et de minimums d'intensité sonore, régulièrement espacés.

- (a) Expliquer comment les maximums et les minimums sont formés. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)





(Suite de la question 4)

(b) Le microphone est déplacé sur une distance de 1,0 m d'un point d'intensité minimale à un autre point d'intensité minimale. Il traverse sept points d'intensité maximale au cours de son déplacement. La vitesse du son est de  $340 \text{ m s}^{-1}$ .

(i) Calculer la longueur d'onde des ondes sonores. [2]

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

(ii) Résumer la manière dont vous pourriez utiliser ce dispositif pour déterminer la vitesse du son dans l'air. [3]

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



5. (a) Une centrale électrique brûle du gaz naturel à une vitesse de  $35 \text{ kg s}^{-1}$ . La puissance de sortie de la centrale est de 750 MW et le rendement de cette centrale est de 38%.

(i) Calculer l'énergie fournie par le gaz naturel chaque seconde. [1]

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

(ii) Calculer la densité d'énergie massique du gaz naturel. Exprimer les unités utilisées dans votre réponse. [3]

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

(b) Résumer la raison pour laquelle une grande partie de l'énergie mondiale est fournie par des combustibles fossiles. [2]

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

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



*(Suite de la question 5)*

(c) Les données suggèrent que la température de la Terre est susceptible d'augmenter si l'utilisation des combustibles fossiles n'est pas réduite au cours des prochaines années.

(i) Expliquer, en faisant référence à l'effet de serre accru, pourquoi cette augmentation de température pourrait se produire. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Résumer de quelle façon les chercheurs scientifiques continuent à tenter de résoudre le débat sur le changement climatique. [1]

.....

.....

.....

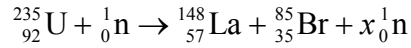
.....

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



(Suite de la question 5)

- (d) Les centrales nucléaires constituent une méthode pour produire de l'énergie sans recourir à des combustibles fossiles. Un exemple de réaction de fission nucléaire est présenté ci-dessous.



- (i) Identifier la valeur de  $x$ . [1]

.....

- (ii) Les données suivantes sont disponibles.

Masse de U-235 = 235,044 u  
Masse de n = 1,009 u  
Masse de La-148 = 147,932 u  
Masse de Br-85 = 84,910 u

Déterminer, en MeV, l'énergie libérée lorsqu'un noyau d'uranium subit une fission nucléaire dans la réaction de (d). [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



*(Suite de la question 5)*

- (iii) Résumer, en faisant référence à la vitesse des neutrons, le rôle du modérateur dans un réacteur nucléaire.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



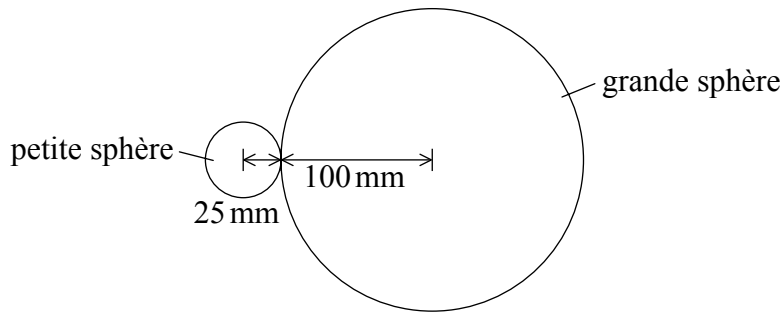
6. En 1798, Cavendish a effectué des recherches sur la loi de la gravitation de Newton en mesurant la force gravitationnelle entre deux sphères de plomb.

(a) Exprimer la loi de la gravitation de Newton.

[2]

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

(b) Un élève reproduit l'expérience avec dispositif moderne utilisant des sphères de plomb de tailles différentes.



(non à l'échelle)

La grande sphère a un rayon de 100 mm et une masse de 47 kg. La petite sphère a un rayon de 25 mm et une masse de 0,73 kg.

(i) Estimer la force gravitationnelle entre les sphères lorsque les sphères sont en contact.

[2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 6)

- (ii) L'étudiant reproduit l'expérience de Cavendish en utilisant des sphères de plomb d'un rayon deux fois supérieur. Discuter l'effet sur votre calcul dans la partie (b)(i) qu'a eu le doublement du rayon des deux sphères. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

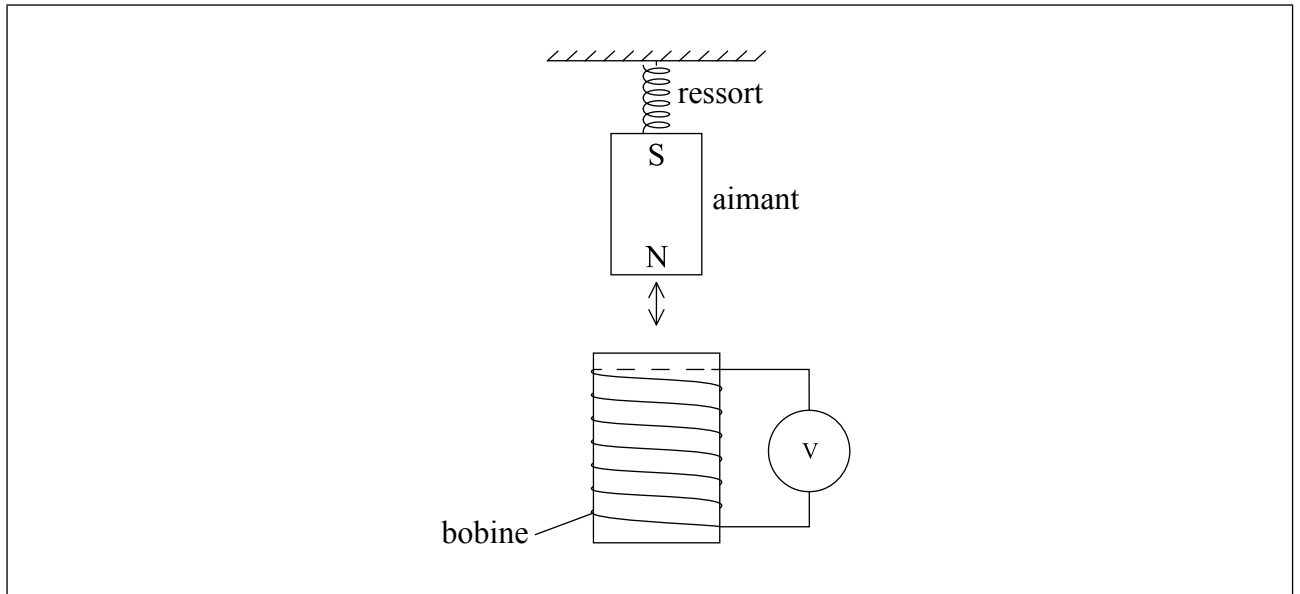
- (c) Dans l'expérience originale de Cavendish, la grande sphère faisait partie d'un pendule isochrone. Exprimer la signification du terme isochrone. [1]

.....

.....

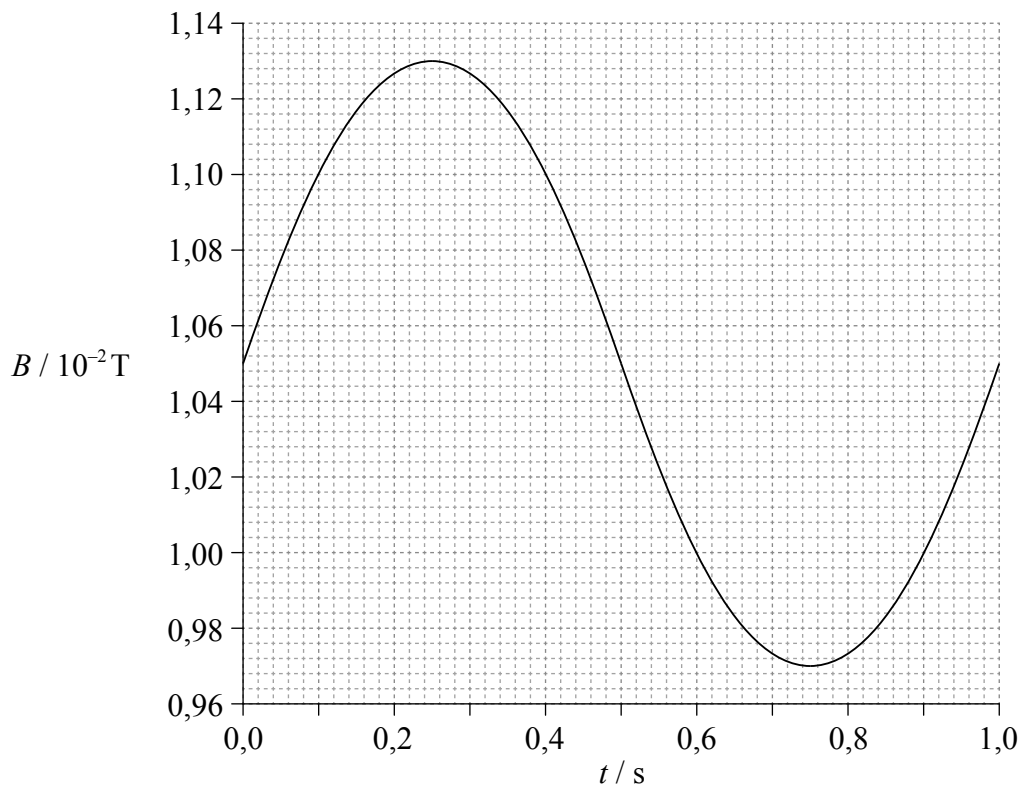


7. Un aimant, suspendu à l'extrémité d'un ressort, a un mouvement d'oscillation vertical avec une faible amplitude au-dessus d'une bobine.



La bobine comporte 240 tours, dont chacun présente une section transversale de  $2,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .

Le graphique représente les variations de la densité de flux magnétique  $B$  à travers la bobine en fonction du temps  $t$  pendant une oscillation complète de l'aimant. L'aimant est à sa position d'équilibre à  $t=0$ .



(Suite de la question à la page suivante)

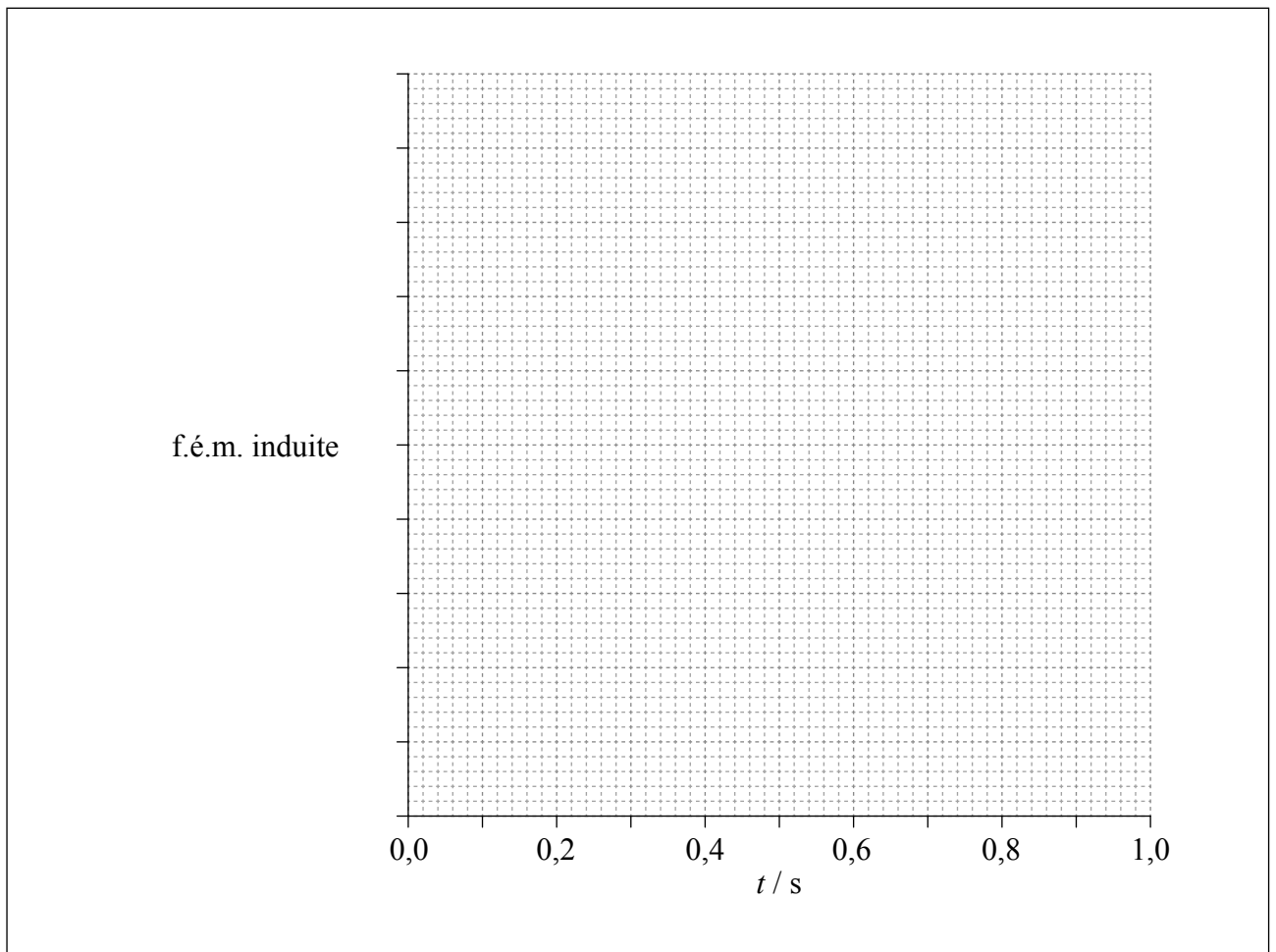




(Suite de la question 7)

- (a) Déterminer la force électromotrice (f.é.m.) maximale induite dans la bobine. [4]

- (b) Le ressort est remplacé de manière à ce que la fréquence des oscillations de l'aimant double sans changer l'amplitude des oscillations. En utilisant les axes, représenter un graphique montrant comment la f.é.m. dans la bobine varie en fonction du temps  $t$  après avoir doublé la fréquence des oscillations. La bobine est à sa position d'équilibre à  $t=0$ . Les valeurs pertinentes doivent être indiquées sur l'axe  $y$ . [3]



(Suite de la question à la page suivante)



*(Suite de la question 7)*

- (c) (i) Légender le schéma de l'aimant et de la bobine à la page 18 avec des flèches pour indiquer la direction du courant conventionnel lorsque le pôle Nord de l'aimant s'approche de la bobine. [1]
  
- (ii) Expliquer la réponse que vous avez donnée à la question (c)(i). [2]

.....

.....

.....

.....



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

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



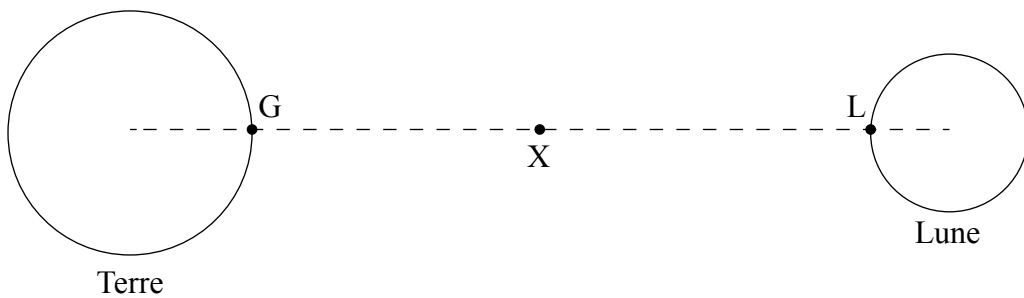
24EP21

**Tournez la page**

8. (a) Résumer la signification de l'intensité du champ gravitationnel. [2]

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

- (b) X est un point du segment qui relie le centre de la Terre au centre de la Lune. Au point X, l'intensité du champ gravitationnel résultant de la Terre et de la Lune est nulle.



Les données suivantes sont disponibles.

- Masse de la Terre =  $6,0 \times 10^{24}$  kg
- Masse de la Lune =  $7,3 \times 10^{22}$  kg
- Rayon de la Lune =  $1,7 \times 10^6$  m
- Distance entre le centre de la Terre et la surface de la Lune =  $3,7 \times 10^8$  m

- (i) Déterminer le rapport  $\frac{\text{distance entre X et le centre de la Terre}}{\text{distance entre X et le centre de la Lune}}$ . [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

- (ii) Calculer, en utilisant les données, le potentiel gravitationnel total à la surface de la Lune dû à la Terre et à la Lune. [3]

.....

.....

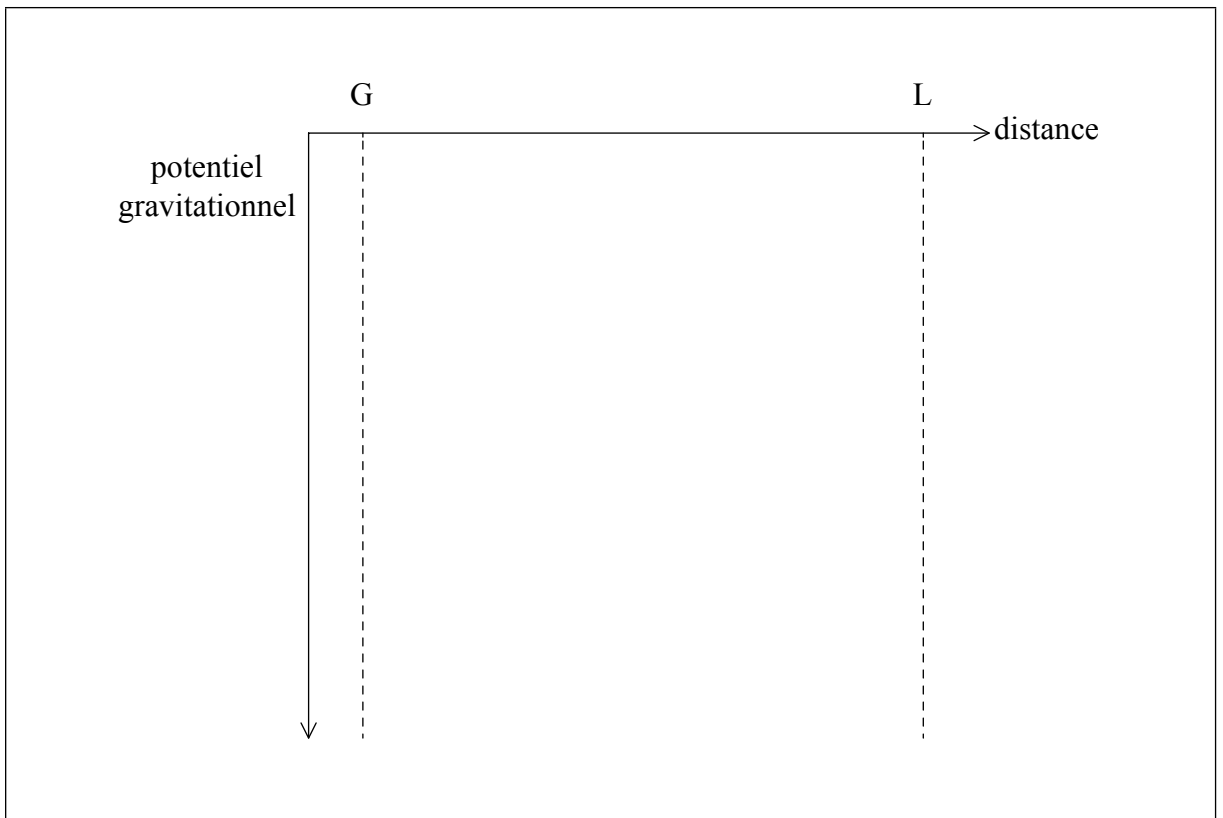
.....

.....

.....

.....

- (iii) G est un point à la surface de la Terre, et L est un point à la surface de la Lune. En utilisant les axes, représenter un graphique montrant comment le potentiel gravitationnel total varie en fonction de la distance entre G et L. [3]



9. Un électron et un positron peuvent être créés par production de paire lorsqu'un photon interagit avec un noyau.

(a) Expliquer pourquoi il existe une fréquence de photon en dessous de laquelle une paire électron-positron ne peut pas être créée. [2]

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

(b) Calculer la fréquence minimale du photon pour la production d'une paire électron-positron. [3]

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

(c) Résumer la raison pour laquelle un noyau doit être impliqué dans l'interaction. [2]

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





# **BARÈME DE NOTATION**

## **SPÉCIMEN D'ÉPREUVE**

### **PHYSIQUE**

#### **Niveau supérieur**

#### **Épreuve 2**

## Instructions générales pour la notation

### Détails de la matière : barème de notation de l'épreuve 2 de physique NS

#### Répartition des points

Les candidats doivent répondre à **TOUTES** les questions. Total maximum = **[95 points]**.

#### Exemple de format de barème de notation :

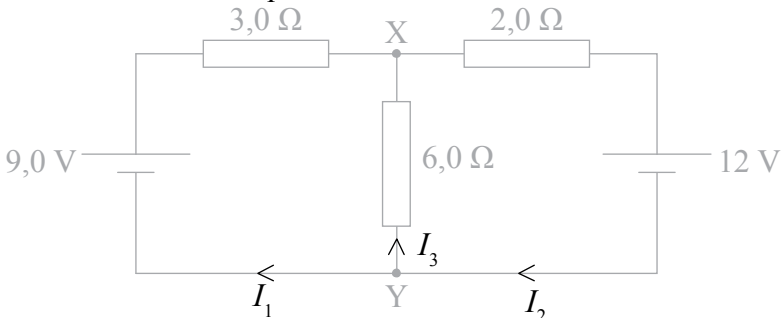
Question			Réponses	Notes	Total
4.	b	ii	le déplacement et l'accélération ✓ sont dans des directions opposées ✓	<i>Accepter la force en lieu de l'accélération.</i>	2

1. Chaque rangée dans le tableau du barème de notation se rapporte à la plus petite sous-partie de la question.
2. La note maximum pour chaque sous-partie d'une question est indiquée dans la colonne « Total ».
3. Chaque point attribué dans la colonne « Réponses » est coché au moyen du signe (✓) à la fin de la réponse.
4. Une sous-partie de question peut avoir plus de points attribués que ne le permet le total. Cela est indiqué par le terme « **max** » écrit après la note dans la colonne « Total ». La rubrique s'y rapportant sera, au besoin, résumée dans la colonne « Notes ».
5. Une autre façon d'exprimer la réponse est indiquée dans la colonne « Réponses » par une barre oblique (/). L'une ou l'autre formulation peut être acceptée.
6. Une autre réponse possible est indiquée dans la colonne « Réponses » par « **OU** » sur la ligne entre les choix. L'une ou l'autre des réponses peut être acceptée.
7. Les mots entre chevrons < > dans la colonne « Réponses » ne sont pas nécessaires pour obtenir les points.
8. Les mots soulignés sont nécessaires pour obtenir les points.



9. L'ordre des réponses possibles ne doit pas nécessairement être comme dans la colonne « Réponses », sauf indication contraire dans la colonne « Notes ».
10. Si la réponse du candidat a le même « sens » ou peut être interprétée comme ayant une signification, une information et une validité équivalant à celle dans la colonne « Réponses », allouez la note. Si ce point est considéré comme particulièrement pertinent dans une question, l'expression « *ou réponse similaire* » apparaît dans la colonne « Notes ».
11. Rappelez-vous que de nombreux candidats rédigent l'épreuve dans une langue seconde. Une communication efficace est plus importante qu'une exactitude grammaticale.
12. Parfois, une partie de la question peut exiger une réponse nécessaire pour obtenir les réponses subséquentes. Si une erreur est commise dans la première réponse, elle doit être pénalisée. Cependant, si la réponse incorrecte est utilisée correctement dans les réponses subséquentes, il faut alors allouer des points de **suivi**. Lors de la notation, indiquer cela en ajoutant l'expression « *erreur reportée* » (ER) sur la copie. La mention « ER acceptable » apparaîtra dans la colonne « Notes ».
13. Ne pénalisez **pas** les candidats pour des erreurs dans les unités ou les chiffres significatifs, **à moins** que ce soit expressément mentionné dans la colonne « Notes ».

Question		Réponses	Notes	Total
1.	a	utilisation d'une équation cinématique convenable, par exemple : $-48 = 48 - 9,81t$ ✓ $9,8 \langle s \rangle$ ✓	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	b	$0 = 48^2 - 2a8$ donc $a = 144 \langle \text{ms}^{-2} \rangle$ ✓ $F_{\text{net}} = 480 \times 144 \langle = 6,9 \times 10^4 \rangle$ ✓ force moyenne $\langle = 6,9 \times 10^4 + 0,47 \times 10^4 \rangle = 7,4 \times 10^4 \langle \text{N} \rangle$ ✓		3
	c	la force de réaction est nulle ✓ car l'objet et le récipient tombent à la même vitesse ✓		2
	d i	volume = $120 \times \pi \times (1,75)^2 = 1154 \langle \text{m}^3 \rangle$ ✓ $n = \frac{0,96 \times \text{volume}}{(8,31 \times 300)} = 0,445$ ✓ nombre de molécules = $6,02 \times 10^{23} \times n = 2,7 \times 10^{23}$ ✓		3
	d ii	«oui» car la pression est faible ✓ et la température est élevée/modérée ✓		2
	e i	distance d'arrêt «dans le polystyrène»/8 m ✓	<i>Ne pas accepter une distance non qualifiée.</i>	1
	e ii	le gradient diminue au cours du temps avant d'atteindre le polystyrène ✓ maximum plus faible ✓ la courbe doit continuer plus longtemps avant la décélération ✓ même aire totale visuellement ✓	<i>Tolérer le fait que le graphique atteigne la vitesse terminale.</i>	3 max

Question		Réponses	Notes	Total
2.	a	<p>première loi de Kirchoff appliquée correctement ✓</p> <p>deuxième loi de Kirchoff appliquée correctement à une maille ✓</p> <p>deuxième loi de Kirchoff appliquée correctement à une deuxième maille ✓</p> <p>équations simultanées construites correctement pour donner la réponse ✓</p> <p>sens du courant indiqué vers X ✓</p>  <p><i>Exemple :</i></p> $I_2 = I_1 + I_3$ $9 = 3I_1 - 6I_3$ $12 = -2I_2 - 6I_3$ $9 = 3I_2 - 3I_3 - 6I_3$ $36 = -6I_2 - 18I_3$ $18 = 6I_2 - 18I_3$ $54 = -36I_3$ $I_3 = -1,5 \text{ A}$	<p><i>Permettre de reporter l'erreur (ER) due à un signe incorrect sur le dernier point de notation.</i></p> <p><i>Un signe négatif signifie que le courant circule de X vers Y.</i></p>	4 max
b	i	différence de potentiel = $\langle 1,5 \times 6,0 \Rightarrow 9,0 \text{ V} \rangle$ ✓		1
b	ii	$\langle X \text{ est plus élevé} \rangle$ car le courant $\langle \text{conventionnel} \rangle$ circule / une charge positive circulerait de X vers Y ✓		1

Question			Réponses	Notes	Total
3.	a		courbure correcte commençant à 0,0 ✓ asymptote à 6,0 <V> ✓		2
	b	i	utilisation de $V = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ ✓ $V = 6,0 e^{-\frac{6,3 \times 10^{-3}}{3300 \times 4,7 \times 10^{-6}}}$ ✓ 4,0 <V> ✓		3
	b	ii	$Q_{\text{initial}} = \langle 6,0 \times 4,7 \times 10^{-6} \Rightarrow 28,2 \text{ } \mu\text{C} \rangle$ <i>OU</i> $Q_{\text{final}} = \langle 4,00 \times 4,7 \times 10^{-6} \Rightarrow 18,8 \text{ } \mu\text{C} \rangle$ ✓ $\Delta Q = 9,4 \text{ } \mu\text{C} \rangle$ ✓	Autoriser l'erreur reportée (ER) depuis (b) (i)	2
	b	iii	capacité de la batterie = $0,55 \times 3600 = 1980 \text{ C}$ ✓ $\langle \frac{1980}{9,4 \times 10^{-6} \times 3600 \times 24 \times 365} \Rightarrow 6,7 \text{ ans} \rangle$ ✓	Autoriser l'erreur reportée (ER) depuis (b) (ii)	2
	b	iv	<toutes> les valeurs de $V$ doublent ✓ énergie proportionnelle à $V^2$ donc $\times 4$ ✓		2

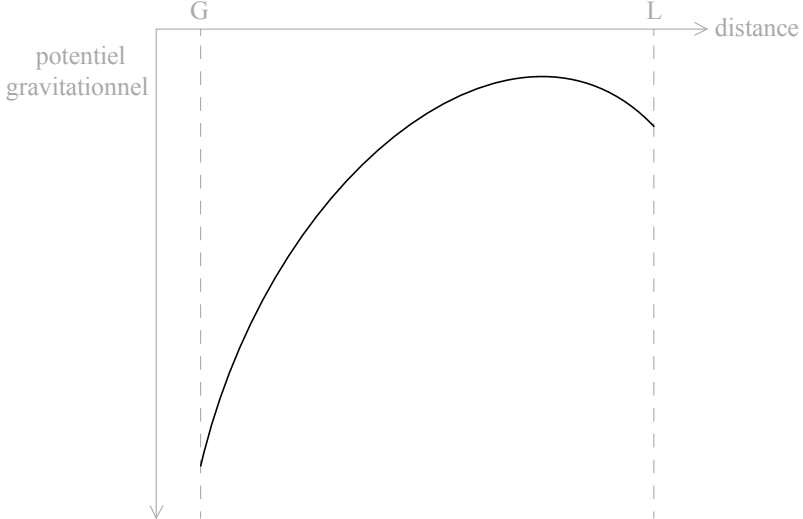
Question		Réponses	Notes	Total	
4.	a	<p>l'onde sonore progressive &lt;est réfléchi sur la barrière et&gt; se propage dans la direction opposée à celle de l'onde incidente ✓</p> <p>mention d'interférence/de superposition ✓</p> <p>minimums créés par interférence destructive ✓</p> <p>maximums créés par interférence constructive ✓</p> <p><i>OU</i></p> <p>l'onde sonore progressive &lt;réfléchi sur la barrière et&gt; se propage dans la direction opposée à celle de l'onde incidente ✓</p> <p>l'onde réfléchi se superpose à l'onde incidente ✓</p> <p>forme une onde stationnaire ✓</p> <p>les maximums sont les positions des ventres, et les minimums sont les positions des nœuds ✓</p>		4	
	b	i	<p>reconnaître que 3,5 longueurs d'onde sont couvertes ✓</p> <p>0,29 &lt;m&gt; ✓</p>		2
	b	ii	<p>mesure de la position de plusieurs minimums/maximums avec une règle ✓</p> <p>utilisation des données pour déterminer la longueur d'onde moyenne ✓</p> <p>mesure de la fréquence d'ondes sonores en utilisant par exemple : un oscilloscope/ un fréquencemètre/un accordeur de guitare électronique ✓</p> <p>utilisation de <math>c = f\lambda</math> ✓</p>	<p><i>Accepter la mention de la consultation de la fréquence de l'onde ou de la lecture de la valeur sur un appareil.</i></p>	3 max

Question			Réponses	Notes	Total
5.	a	i	puissance = $\left\langle \frac{7,5 \times 10^8 \times 100}{38} \right\rangle \Rightarrow 1,97 \times 10^9 \langle \text{J s}^{-1} \rangle \checkmark$		1
	a	ii	$\frac{1,97 \times 10^9}{35} \checkmark$ 56 $\checkmark$ MJ kg <sup>-1</sup> $\checkmark$		3
	b		ressources abondantes à l'heure actuelle $\checkmark$ infrastructure existante $\checkmark$	<i>Accepter les mentions de la facilité à transporter et à extraire.</i>	2
	c	i	proportion plus élevée de gaz à effet de serre dans l'atmosphère $\checkmark$ entraînant une plus grande absorption des infrarouges par l'atmosphère $\checkmark$ et davantage d'énergie rayonnée vers le sol $\checkmark$	<i>Accepter tous les gaz à effet de serre nommés.</i>	3
	c	ii	meilleure modélisation <i>OU</i> plus grande collecte de données <i>OU</i> meilleure collaboration internationale $\checkmark$		1 max
	d	i	$\langle 235 + 1 - 148 - 85 \rangle \Rightarrow 3 \checkmark$		1
	d	ii	différence de masse = $\langle 147,932 + 84,910 + (2 \times 1,009) - 235,044 \rangle \checkmark$ $\Rightarrow \langle \rightarrow \rangle 0,184 \langle \text{u} \rangle \checkmark$ $\langle \rightarrow \rangle 171 \text{ MeV} \checkmark$	<i>Autoriser l'erreur reportée (ER) depuis (d)(i)</i>	3
	d	iii	neutrons émis par l'uranium à grande vitesse $\checkmark$ les neutrons à grande vitesse ne causent pas de fission $\checkmark$ les neutrons entrent en collision avec les atomes modérateurs $\checkmark$ et perdent donc de l'énergie/de la vitesse avant de pénétrer à nouveau dans les barreaux de combustible $\checkmark$		3 max

Question			Réponses	Notes	Total
6.	a		la force de gravitation est proportionnelle au produit de masses <ponctuelles> ✓ et inversement proportionnelle au carré de la distance entre les centres ✓		2
	b	i	force = $\langle \frac{Gm_1m_2}{r^2} \Rightarrow \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 47 \times 0,73}{(1,25 \times 10^{-1})^2} \rangle$ ✓ 0,15 <μN> ✓		2
	b	ii	le doublement du rayon augmente la masse des sphères d'un facteur 8 ✓ donc le produit des masses augmente d'un facteur 64 ✓ le doublement du rayon augmente la distance de séparation d'un facteur 2, donc $r^2$ augmente d'un facteur 4 ✓ l'effet global est une augmentation de la force d'un facteur 16 ✓		4
	c		même période temporelle pour toute amplitude de balancement ✓		1

Question		Réponses	Notes	Total
7.	a	calcul de gradient tenté à $t=0$ ou 0,5 ou 1,0 ✓ indications de l'utilisation du nombre de tours et de l'aire ✓ $0,31 \langle \text{mV} \rangle$ ✓ réponse exprimée avec deux chiffres significatifs uniquement ✓	Accepter des valeurs comprises entre 0,31 mV et 0,35 mV.	4
	b	onde cosinus ou cosinus négatif ✓ la valeur de crête est le double de la réponse à la partie a ✓ période = 0,5 ⟨s⟩ ✓		3
	c	i <div style="text-align: center;"> </div> flèches comme indiqué sur le schéma ✓		1
	c	ii identification du pôle Nord en haut de la bobine ✓ utilisation explicite de la règle de la main droite pour relier le pôle Nord induit à la direction du courant ✓	Accepter les réponses utilisant la loi de Lenz ou des considérations énergétiques.	2



Question			Réponses	Notes	Total
8.	a		force agissant sur ✓ une unité de masse ✓		2
	b	i	$\frac{GM_e}{x^2} = \frac{GM_m}{y^2}$ ✓ $\frac{x}{y} = \sqrt{\frac{M_e}{M_m}} = \sqrt{81} = 9,0$ ✓		2
	b	ii	pour la Lune $V = \left\langle \frac{-GM}{r} \right\rangle = -2,9 \langle \text{MJ kg}^{-1} \rangle$ ✓ pour la Terre $\langle - \rangle 1,1 \langle \text{MJ kg}^{-1} \rangle$ ✓ potentiel gravitationnel total = $-4,0 \langle \text{MJ kg}^{-1} \rangle$ ✓		3
	b	iii	la courbe s'approche de zéro mais reste négative ✓ tombe sur la Lune ✓ à partir d'un point bien plus proche $\langle 10\% \text{ de la distance} \rangle$ de la Lune que de la Terre ✓ 		3

Question		Réponses	Notes	Total
9.	a	<p>il existe une énergie minimale nécessaire égale à la masse totale des particules créées <i>OU</i> faire référence à <math>\Delta E = \Delta m c^2</math> <b>et</b> à <math>\Delta m = 2m_e</math> ✓ énergie du photon = <math>hf</math> &lt;donc il existe aussi une fréquence minimale&gt; ✓</p>	<i>Les deux différences doivent être indiquées.</i>	2
	b	<p>énergie minimale = 1,02 &lt;MeV&gt; ✓ = <math>1,63 \times 10^{-13}</math> &lt;J&gt; ✓ <math>2,5 \times 10^{20}</math> &lt;Hz&gt; ✓</p>		3
	c	<p>&lt;aussi bien l'énergie que&gt; la quantité de mouvement doit/doivent être conservée(s) dans l'interaction ✓ le noyau absorbe la quantité de mouvement &lt;pour permettre à l'interaction d'avoir lieu&gt; ✓</p>		2



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

Numéro de session du candidat

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

SPÉCIMEN D'ÉPREUVE

1 heure 15 minutes

Code de l'examen

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

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).
- Section A : répondez à toutes les questions.
- Section B : répondez à toutes les questions de une 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 [45 points].

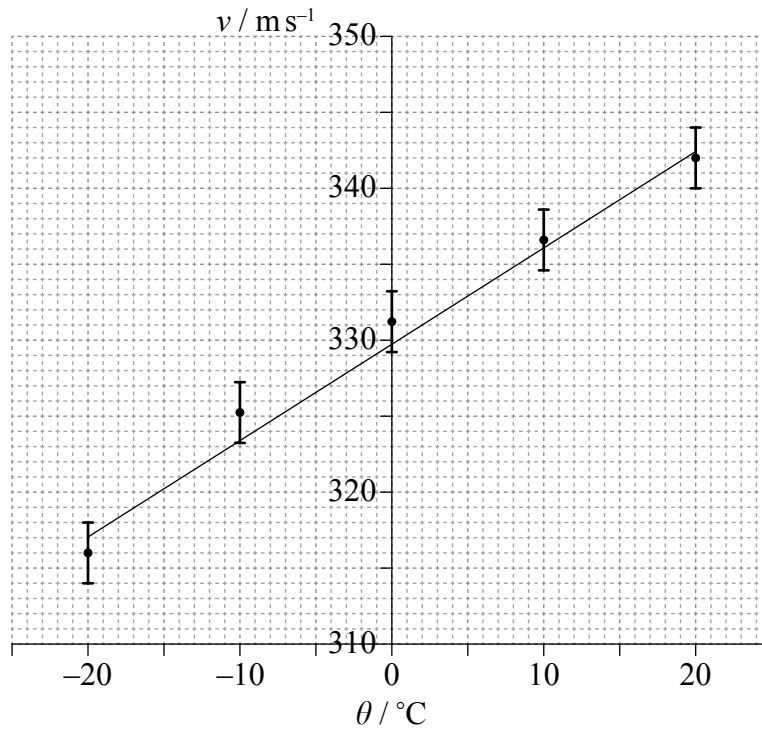
Option	Questions
Option A — Relativité	4 – 7
Option B — Physique de l'ingénieur	8 – 11
Option C — Imagerie	12 – 14
Option D — Astrophysique	15 – 18



SECTION A

Répondez à *toutes* les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

1. La vitesse du son dans l'air,  $v$ , a été mesurée à des températures proches de  $0^\circ\text{C}$ . Le graphique représente les données et la droite de meilleur ajustement. Les barres d'erreur pour la température sont trop petites pour être représentées.



Un élève suggère que la vitesse du son  $v$  est liée à la température  $\theta$  en degrés Celsius par l'équation

$$v = a + b\theta$$

où  $a$  et  $b$  sont des constantes.

- (a) (i) Déterminer la valeur de la constante  $a$  à deux chiffres significatifs près. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

- (ii) Estimer l'incertitude absolue sur  $b$ . [3]

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

- (iii) Un élève calcule que  $b = 0,593 \text{ ms}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Exprimer, en utilisant votre réponse à la question (a)(ii), la valeur de  $b$  avec le nombre correct de chiffres significatifs. [1]

.....

- (b) (i) Estimer la température à laquelle la vitesse du son est nulle. [1]

.....  
.....

- (ii) Expliquer, en faisant référence à votre réponse à la question (b)(i), pourquoi la suggestion de l'élève n'est pas valable. [2]

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



2. Une élève utilise un minuteur électronique pour tenter d'estimer l'accélération de chute libre  $g$ . Elle mesure le temps  $t$  que met une petite boule en métal pour tomber d'une hauteur  $h$  de 0,50m. L'incertitude exprimée sous forme de pourcentage sur la mesure du temps est de 0,3% et celle sur la hauteur est de 0,6%.

(a) En utilisant  $h = \frac{1}{2}gt^2$ , calculer l'incertitude attendue sous forme de pourcentage sur la valeur de  $g$ . [1]

.....

.....

.....

.....

(b) Exprimer et expliquer comment l'élève pourrait obtenir une valeur de  $g$  plus fiable. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



3. Dans une expérience destinée à mesurer la capacité calorifique massique d'un métal, un morceau de métal est placé dans un récipient d'eau bouillante à 100°C. Le métal est ensuite transféré dans un calorimètre contenant de l'eau à la température de 10°C. On mesure la température d'équilibre finale de l'eau. Une source d'erreur dans cette expérience est le fait qu'une faible masse d'eau bouillante est introduite dans le calorimètre en même temps que le métal.

(a) Suggérer quel est l'effet de l'erreur sur la valeur mesurée de la capacité calorifique massique du métal. [2]

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

(b) Exprimer **une** autre source d'erreur pour cette expérience. [1]

.....  
.....



**SECTION B**

Répondez à *toutes* les questions de *une* des options. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

**Option A — Relativité**

4. (a) Einstein a découvert une contradiction, en lien avec la vitesse de la lumière, entre les équations de Maxwell de l'électromagnétisme et la mécanique newtonienne. Résumer cette contradiction ainsi que la manière dont Einstein l'a résolue. [2]

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

*(L'option A continue sur la page suivante)*





(Option A, suite de la question 4)

- (b) Un proton pénètre dans une région de champ magnétique uniforme dirigé vers le plan de la feuille, comme indiqué.



Le référentiel S est au repos par rapport au champ magnétique. La vitesse du proton mesurée dans S est notée  $v$ .

- (i) Exprimer la nature de la force exercée sur le proton d'après un observateur dans S. [1]

.....

- (ii)  $S'$  est un référentiel dans lequel le proton est au repos. Exprimer et expliquer si une force s'exerce sur le proton d'après un observateur dans  $S'$ . [2]

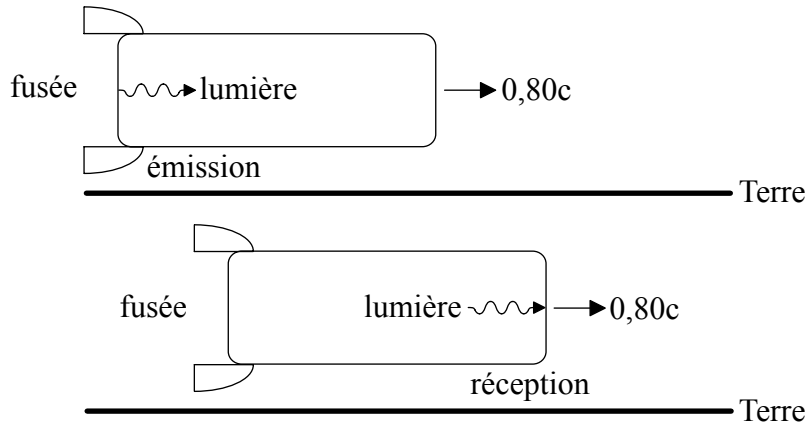
.....  
.....  
.....  
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

5. Une fusée d'une longueur propre de 900 m se déplace à la vitesse  $0,80c$  par rapport à la Terre. E est un référentiel dans lequel la Terre est au repos. R est un référentiel dans lequel la fusée est au repos. Le schéma est représenté du point de vue de E.



- (a) Un signal lumineux est émis à l'arrière de la fusée et reçu à l'avant de la fusée.

Déterminer

- (i) l'intervalle de temps entre l'émission et la réception du signal lumineux d'après un observateur en R. [1]

.....  
.....

- (ii) l'intervalle de temps entre l'émission et la réception du signal lumineux d'après un observateur en E. [3]

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

(L'option A continue sur la page suivante)



*(Option A, suite de la question 5)*

(iii) la distance séparant l'émission et la réception du signal lumineux d'après un observateur en E. [1]

.....

.....

.....

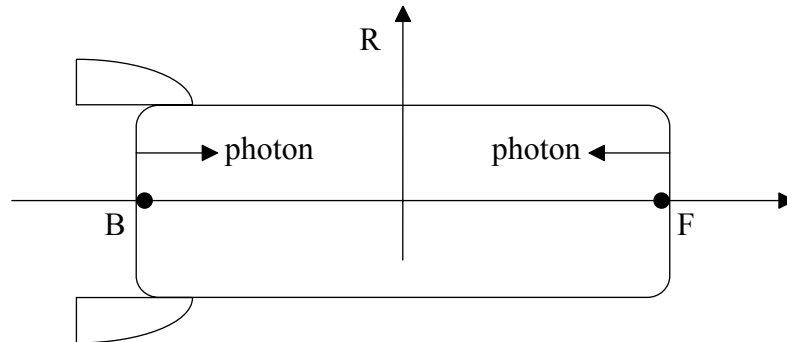
.....

*(L'option A continue sur la page suivante)*



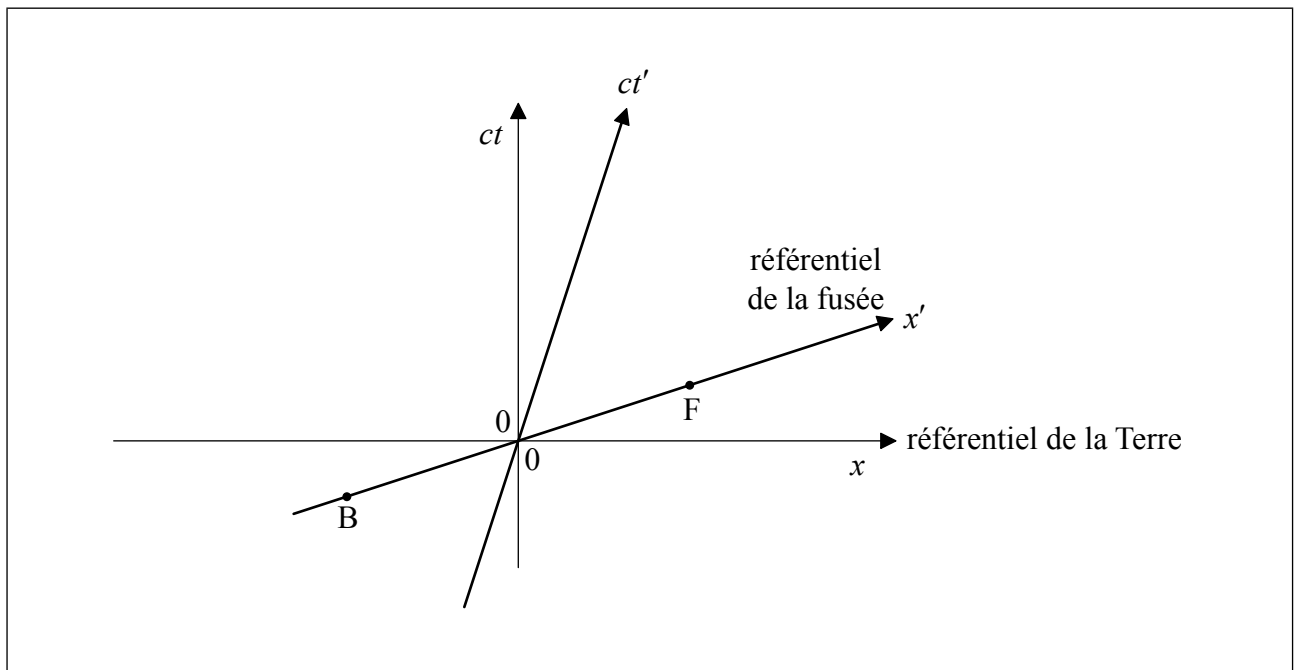
(Option A, suite de la question 5)

- (b) Un photon est émis à l'arrière B de la fusée et un autre photon est émis à l'avant F de la fusée (voir le schéma ci-dessous).



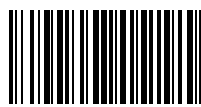
Les émissions sont simultanées d'après des observateurs en R. Les photons sont reçus par un observateur au repos au milieu de la fusée.

Le diagramme espace-temps représente le référentiel E de la Terre et le référentiel R de la fusée. Les coordonnées dans le référentiel E sont  $x$  et  $ct$ , et dans le référentiel R ces coordonnées sont  $x'$  et  $ct'$ . Les positions de l'arrière B et de l'avant F de la fusée à l'instant  $t' = 0$  sont indiquées. L'origine des axes correspond au milieu de la fusée.



- (i) Sur le diagramme espace-temps, dessiner des segments de droite pour montrer les lignes d'univers des photons depuis leur émission jusqu'à leur réception. [3]

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 5)

- (ii) En utilisant le diagramme espace-temps, déterminer quel photon a été émis en premier d'après des observateurs en E. [2]

.....  
.....

- (iii) Déterminer la durée séparant les émissions des deux photons d'après des observateurs en E. [2]

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

- (c) Un missile est lancé depuis la fusée. La vitesse du missile est de  $-0,62c$  par rapport à la fusée. Calculer la vitesse de la fusée par rapport à la Terre. [3]

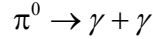
.....  
.....  
.....  
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

6. Un pion neutre ( $\pi^0$ ) a une énergie totale de 1070 MeV mesurée par des observateurs dans un laboratoire. Le pion se désintègre dans le vide en une paire de photons d'après la réaction suivante.



Le photon X est émis dans la direction de la vitesse du pion et le photon Y est émis dans la direction opposée. La masse au repos du pion est  $m = 135 \text{ MeV c}^{-2}$ .

- (a) Montrer que la quantité de mouvement du pion est de  $1060 \text{ MeV c}^{-1}$ . [1]

.....

.....

- (b) L'énergie du photon X est  $E_x$  et l'énergie du photon Y est  $E_y$ . En utilisant les lois de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement totales, calculer  $E_y$ . [3]

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



*(Suite de l'option A)*

7. (a) (i) Exprimer le principe d'équivalence. [1]

.....

.....

.....

(ii) Expliquer, en utilisant le principe d'équivalence, le phénomène de décalage gravitationnel vers le rouge. [3]

.....

.....

.....

.....

*(L'option A continue sur la page suivante)*



(Option A, suite de la question 7)

- (b) Une horloge est placée à une distance  $r$  du centre d'un trou noir de rayon  $R_S$  de façon à ce que  $\frac{r}{R_S} = 1,25$ .

L'horloge bat chaque seconde d'après des observateurs stationnaires à côté de l'horloge. Calculer le temps entre les battements de cette horloge d'après des observateurs situés loin du trou noir.

[2]

.....

.....

**Fin de l'option A**





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

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.

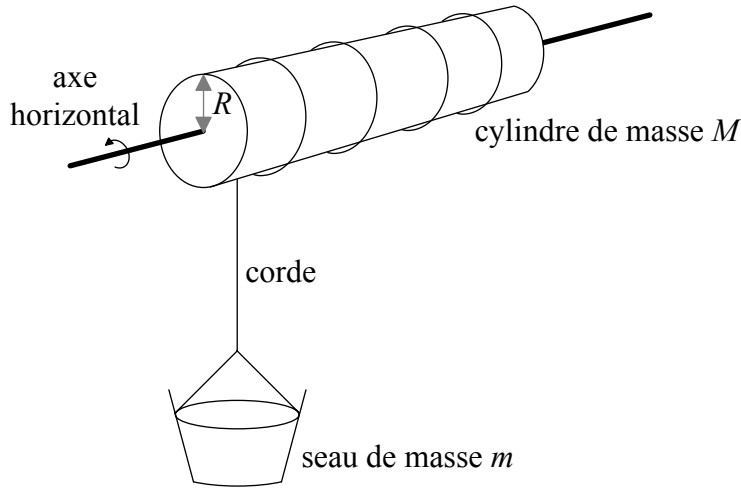


40EP15

**Tournez la page**

**Option B — Physique de l'ingénieur**

8. Un seau de masse  $m$  est suspendu au-dessus d'un puits d'eau par une corde de masse négligeable, comme indiqué sur le schéma. La corde est enroulée autour d'un cylindre de masse  $M$  et de rayon  $R$ . Le moment d'inertie du cylindre par rapport à son axe est  $I = \frac{1}{2}MR^2$ .



(non à l'échelle)

Le seau, initialement au repos, est lâché. Les forces de résistance peuvent être ignorées.

- (a) Montrer que l'accélération  $a$  du seau est donnée par l'équation suivante.

$$a = \frac{mg}{m + \frac{M}{2}} \quad [4]$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 8)

(b) Les données suivantes sont disponibles.

- Masse du seau  $m$  = 24 kg
- Masse du cylindre  $M$  = 36 kg
- Rayon  $R$  = 0,20 m

(i) Calculer la vitesse du seau après avoir chuté d'une hauteur de 16 m depuis sa position de repos. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Calculer la dérivée par rapport au temps du moment cinétique du cylindre. [3]

.....

.....

.....

.....

(c) Le seau en (b) est rempli d'eau de façon à ce que sa masse totale soit désormais de 45 kg. Le seau est élevé à une vitesse constante de  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  au moyen d'un moteur électrique fixé au cylindre. Calculer la puissance de sortie du moteur. [1]

.....

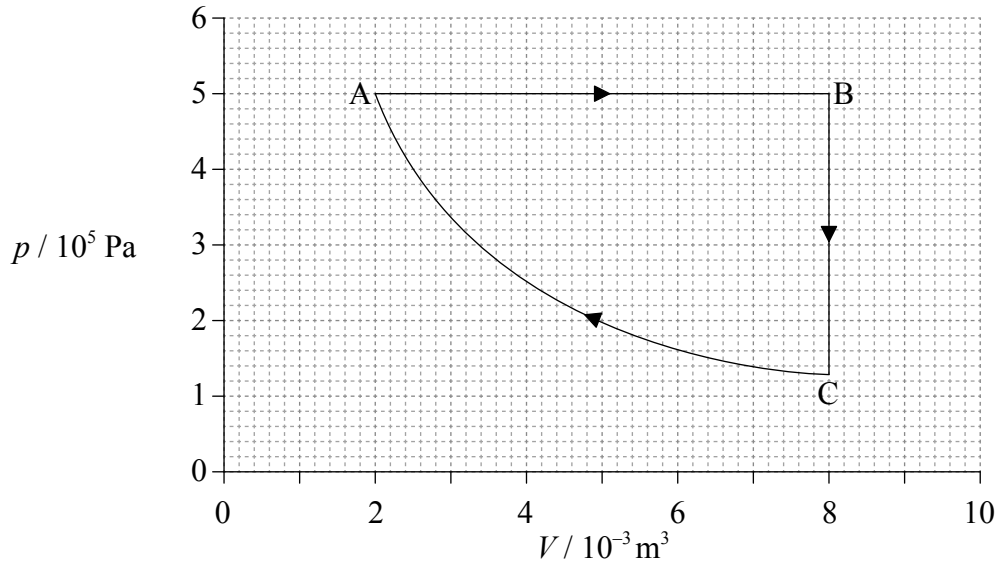
.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Suite de l'option B)

9. Le diagramme pression-volume ( $pV$ ) représente un cycle ABCA d'un moteur thermique. La matière qui subit les transformations est une masse constante d'un gaz parfait.



La température du gaz en A est de 400 K.

- (a) Calculer la température maximale du gaz pendant le cycle.

[1]

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



*(Option B, suite de la question 9)*

(b) Pour la détente isobare AB, calculer

(i) le travail effectué par le gaz. [2]

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

(ii) le changement d'énergie interne du gaz. [1]

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

(iii) l'énergie thermique transférée au gaz. [1]

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

*(L'option B continue sur la page suivante)*



(Option B, suite de la question 9)

- (c) Le travail effectué sur le gaz pendant la compression isotherme est de 1390J. Déterminer le changement d'entropie du gaz pour cette compression. [2]

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

- (d) Déterminer le rendement du cycle ABCA. [2]

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

- (e) Exprimer si le rendement d'une machine de Carnot fonctionnant entre les mêmes températures que celles du cycle ABCA à la page 18 serait supérieur, égal **ou** inférieur au rendement de (d). [1]

.....

(Option B, suite en page 22)



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

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.

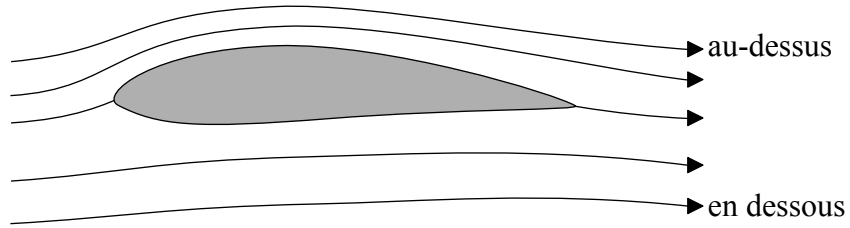


40EP21

**Tournez la page**

(Option B, suite de la page 20)

10. Le schéma représente des lignes de courant passant autour d'un profil aérodynamique placé dans un écoulement d'air. L'écoulement est laminaire.



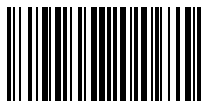
(a) Exprimer la signification d'un écoulement laminaire.

[1]

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)





(Option B, suite de la question 10)

- (b) (i) Les lignes de courant au-dessus du profil aérodynamique sont plus rapprochées que les lignes de courant en dessous du profil aérodynamique. Suggérer pourquoi ceci implique que la vitesse de l'air au-dessus du profil aérodynamique est supérieure à la vitesse de l'air en dessous du profil aérodynamique. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) La vitesse de l'air au-dessus du profil aérodynamique est de  $64 \text{ m s}^{-1}$  et la vitesse de l'air en dessous du profil aérodynamique est de  $52 \text{ m s}^{-1}$ . La densité de l'air est de  $0,95 \text{ kg m}^{-3}$ . Les aires effectives des surfaces supérieure et inférieure du profil aérodynamique sont toutes deux de  $2,0 \text{ m}^2$ , et le profil aérodynamique est très fin. Déterminer la portance sur le profil aérodynamique. [3]

.....

.....

.....

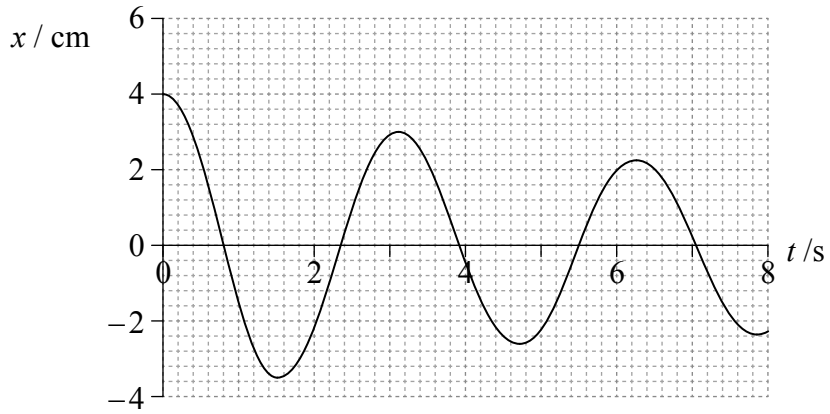
.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Suite de l'option B)

11. Un ressort effectue des oscillations harmoniques amorties. Le graphique présente la variation en fonction du temps  $t$  du déplacement  $x$  du ressort.



- (a) Estimer le facteur de qualité  $Q$  du ressort.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 11)

- (b) Le ressort amorti est ensuite soumis à une force d'excitation périodique externe dont la fréquence est proche de la fréquence naturelle du ressort.

Suggérer l'effet, le cas échéant,

- (i) de cette force sur l'amplitude en régime permanent des oscillations du ressort. [1]

.....

- (ii) de la différence de phase entre le système excité et le système excitant. [1]

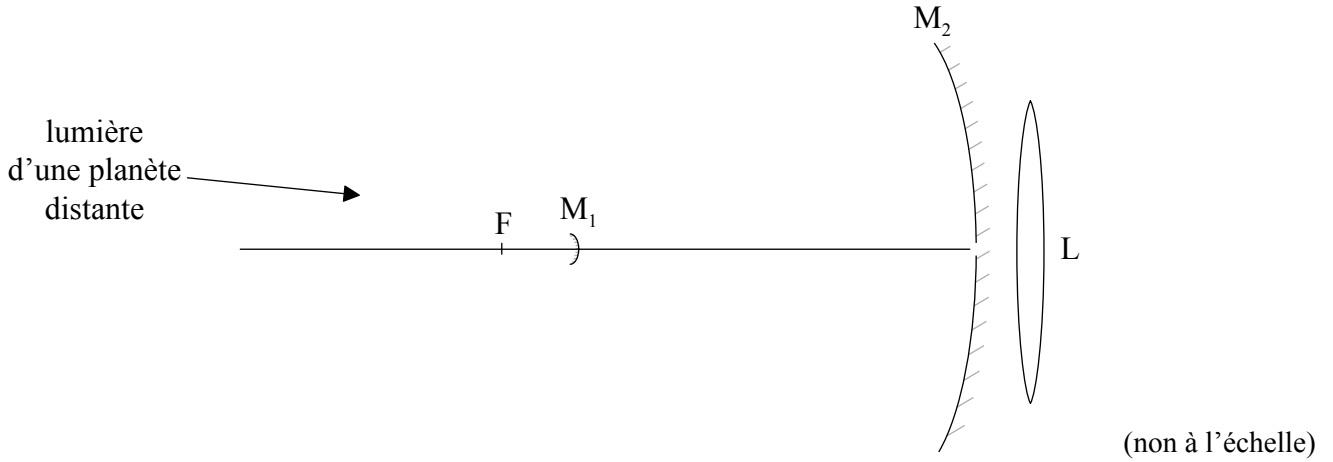
.....

**Fin de l'option B**



**Option C — Imagerie**

12. (a) Le schéma représente un télescope réflecteur de type Cassegrain constitué d'un petit miroir divergent  $M_1$ , d'un grand miroir convergent  $M_2$  et d'une lentille convergente  $L$ . Le point focal de  $M_2$  est en  $F$ .



Ce télescope est utilisé pour observer une planète. Le diamètre de la planète sous-tend un angle de  $1,40 \times 10^{-4}$  rad sur  $M_2$ . La distance focale de  $M_2$  est de 9,50 m.

- (i) Montrer que le diamètre de l'image de la planète qui serait formée par  $M_2$  seul est de 1,33 mm. [3]

.....

.....

.....

.....

*(L'option C continue sur la page suivante)*

(Option C, suite de la question 12)

- (ii)  $M_1$  est placé à une distance de 8,57 m de l'ouverture de  $M_2$ . L'image en (a)(i) sert à présent d'objet virtuel pour  $M_1$ . Une image réelle est formée au niveau de l'ouverture de  $M_2$ . Montrer que le diamètre de cette image est de 12,0 mm. [3]

.....

.....

.....

.....

- (iii) L'image réelle en (a)(ii) est désormais observée à travers une lentille L de distance focale 98,0 mm. L'image finale de la planète est formée à l'infini. Calculer le grossissement global du télescope. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 12)

- (b) (i) Le grand miroir concave de la plupart des télescopes réflecteurs est parabolique plutôt que sphérique. Suggérer **une** raison pour cela. [1]

.....  
.....

- (ii) Exprimer **un** avantage des télescopes réflecteurs par rapport aux télescopes réfracteurs. [1]

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

- (c) En plus des télescopes optiques, il existe aussi des télescopes dans les domaines infrarouge, radio, ultraviolet et des rayons X. Résumer la manière dont l'invention de ces télescopes a changé notre vision de l'univers. [2]

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

(L'option C continue sur la page suivante)



(Suite de l'option C)

13. (a) Un microscope composé comporte un objectif d'une distance focale de 0,40 cm et un oculaire d'une distance focale de 3,20 cm. L'image formée par l'objectif est à 0,20 m de l'objectif. L'image finale est formée à une distance de 25 cm de l'oculaire.

(i) Montrer que l'objet est placé à  $4,1 \times 10^{-3}$  m de l'objectif. [1]

.....  
.....

(ii) Déterminer le grossissement angulaire du microscope. [2]

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

(iii) La plus petite distance entre deux points pouvant être distingués par un œil humain non assisté à une distance de 25 cm est d'environ 0,1 mm. Calculer la plus petite distance entre deux points pouvant être distingués au moyen de ce microscope. [1]

.....  
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 13)

- (b) Les images du microscope sont numérisées puis transmises par une fibre optique. La puissance d'entrée du signal est de 120 mW et l'atténuation par unité de longueur de la fibre optique est de 6,2 dB km<sup>-1</sup>. La longueur de la fibre est de 4,6 km. Calculer la puissance de sortie du signal. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

14. (a) L'un des facteurs affectant la qualité d'une image radiologique est la netteté.

- (i) Résumer la signification de la netteté. [1]

.....

.....

- (ii) Exprimer **une** manière dont la netteté d'une image radiologique peut être améliorée. [1]

.....

.....

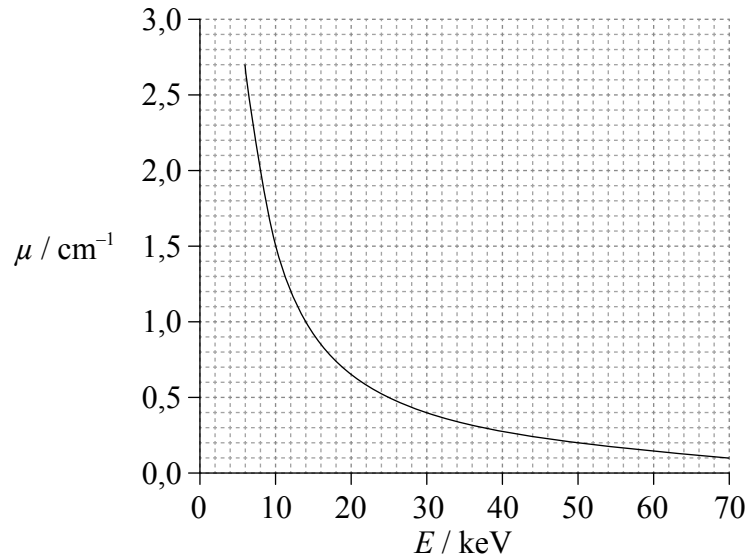
(L'option C continue sur la page suivante)





(Option C, suite de la question 14)

- (b) Le graphique ci-dessous montre la variation du coefficient d'absorption linéaire  $\mu$  en fonction de l'énergie de photon  $E$ .



- (i) Suggérer pourquoi il est souhaitable d'éliminer les photons de faible énergie du faisceau. [1]

.....  
.....

- (ii) Déterminer, pour des rayons X d'énergie 50 keV, le pourcentage de l'intensité incidente qui est transmis à travers une coupe de tissu de 2,0 cm d'épaisseur. [2]

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

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 14)

(c) Expliquer, dans le contexte de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), le rôle

(i) du signal radio-fréquence (RF).

[1]

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

(ii) du champ de gradient.

[1]

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

(iii) de la durée de relaxation du spin des protons.

[1]

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

(d) Exprimer **deux** avantages de l'utilisation de l'IRM par rapport aux rayons X pour l'imagerie du cerveau.

[2]

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

**Fin de l'option C**



**Option D — Astrophysique**

15. (a) Exprimer l'élément qui est le produit final des réactions nucléaires ayant lieu dans les étoiles de la séquence principale. [1]

.....

- (b) Une étoile de la séquence principale a une luminosité apparente de  $7,6 \times 10^{-14} \text{ W m}^{-2}$  et une luminosité de  $3,8 \times 10^{27} \text{ W}$ .

- (i) Calculer, en pc, la distance entre cette étoile et la Terre. [3]

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

- (ii) Suggérer le caractère approprié ou non de la méthode de la parallaxe stellaire pour mesurer la distance à cette étoile. [1]

.....  
 .....

- (iii) La luminosité de l'étoile en (b) est dix fois supérieure à la luminosité de notre Soleil.

Déterminer le rapport  $\frac{M}{M_{\odot}}$  où  $M_{\odot}$  est la masse du Soleil. [2]

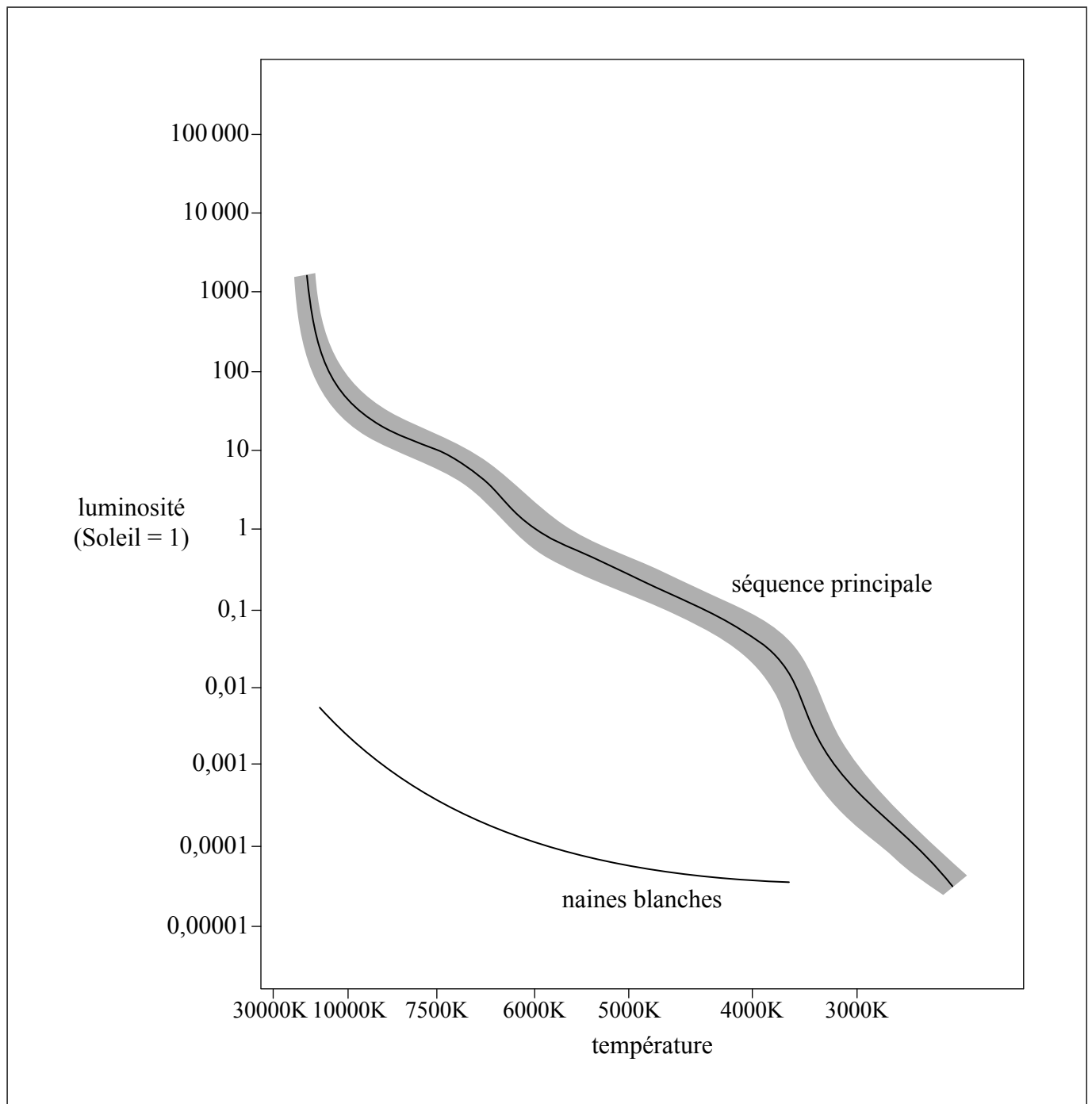
.....  
 .....  
 .....  
 .....

*(L'option D continue sur la page suivante)*



(Option D, suite de la question 15)

(c) L'image présente un diagramme de Hertzsprung–Russell (HR).



(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 15)

- (i) Estimer, en utilisant le diagramme HR, le rapport  $\frac{R}{R_{\odot}}$  où  $R$  est le rayon de l'étoile en (b) et  $R_{\odot}$  est le rayon du Soleil. [3]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Représenter un segment de droite sur le diagramme HR pour montrer le parcours évolutif de cette étoile. [2]

- (iii) Décrire, en faisant référence à la limite de Chandrasekhar, l'état d'équilibre de cette étoile dans l'étape finale de son évolution. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



*(Suite de l'option D)*

16. (a) Le spectre d'hydrogène d'une source de laboratoire comporte une raie de longueur d'onde 434 nm. La même raie émise d'une galaxie distante a une longueur d'onde de 502 nm lorsqu'on l'observe depuis la Terre.

(i) Suggérer une raison pour laquelle ces deux longueurs d'ondes sont différentes. [1]

.....  
.....

(ii) Déterminer la distance, en Mpc, de cette galaxie à la Terre en utilisant une constante de Hubble de  $71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ . [2]

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

*(L'option D continue sur la page suivante)*



*(Option D, suite de la question 16)*

(b) Dans les années 1990, deux groupes de recherche ont entrepris des projets mettant en jeu l'observation de supernovae lointaines. Ils avaient pour but de montrer que les galaxies lointaines ralentissaient.

(i) Suggérer une raison pour laquelle on s'attendait à ce que les galaxies lointaines ralentissent. [1]

.....

.....

(ii) Décrire comment il a été déduit que l'univers se dilatait à une vitesse de plus en plus rapide. [2]

.....

.....

.....

.....

*(L'option D continue sur la page suivante)*



*(Suite de l'option D)*

17. (a) Suggérer une raison pour laquelle les processus de fusion nucléaire dans les étoiles peuvent seulement produire des éléments avec un nombre (de masse) de nucléons d'environ soixante. [2]

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

- (b) Résumer comment des éléments dont le nombre (de masse) de nucléons est supérieur à soixante sont produits par les étoiles. [2]

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

*(L'option D continue sur la page suivante)*



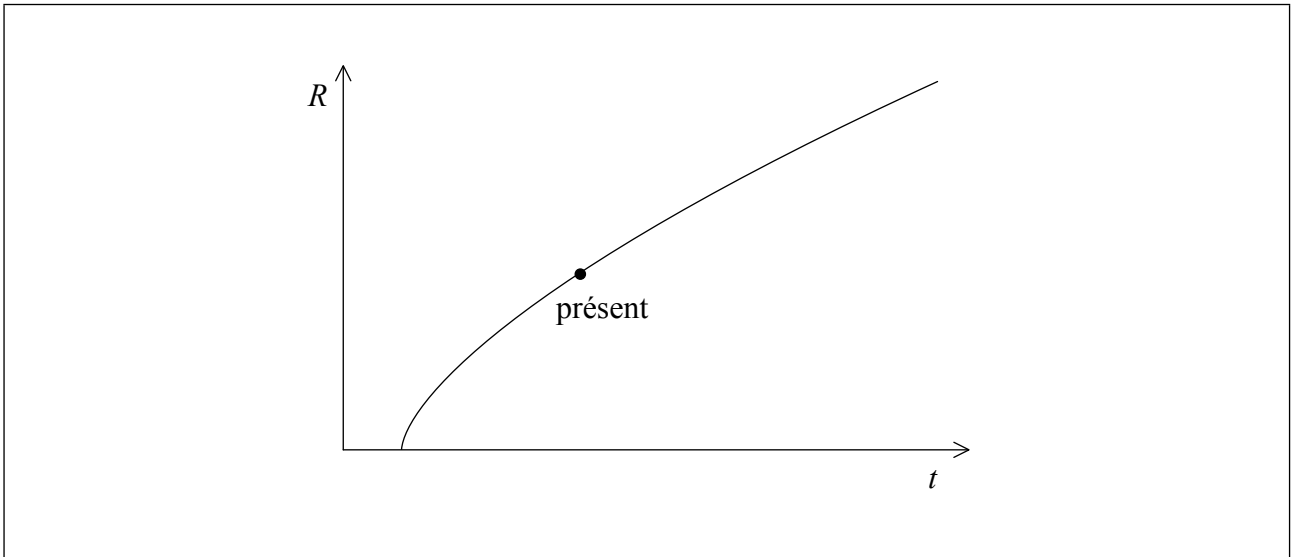


(Suite de l'option D)

18. (a) Des mesures par WMAP ont révélé de très petits écarts d'isotropie dans le rayonnement cosmique fossile micro-ondes. Suggérer une raison pour laquelle il était important que le rayonnement cosmique fossile ne soit pas parfaitement isotrope. [2]

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

- (b) Un autre résultat obtenu par WMAP est le fait que l'univers est plat. Le graphique montre comment le facteur d'échelle  $R$  de l'univers varie avec le temps  $t$  dans un univers plat **sans** énergie sombre.



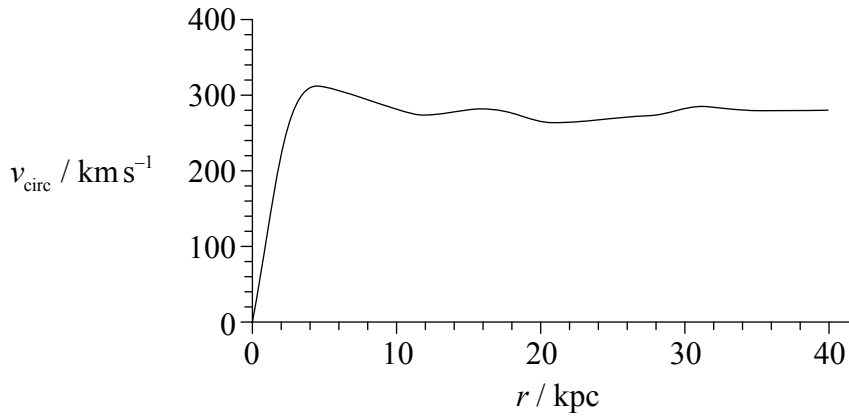
En utilisant les axes, dessiner une courbe pour montrer la variation du facteur d'échelle en fonction du temps dans un univers plat **avec** de l'énergie sombre. [1]

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 18)

- (c) Le graphique montre la variation des vitesses rotationnelles des étoiles  $v_{\text{circ}}$  en fonction de la distance  $r$  par rapport au centre d'une galaxie.



- (i) Exprimer la caractéristique du graphique qui indique l'existence de la matière sombre. [1]

.....

- (ii) Expliquer en quoi la caractéristique que vous avez exprimée en (c)(i) indique l'existence de la matière sombre. [2]

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

**Fin de l'option D**





# **BARÈME DE NOTATION**

## **SPÉCIMEN D'ÉPREUVE**

### **PHYSIQUE**

#### **Niveau supérieur**

#### **Épreuve 3**

## Instructions générales pour la notation

### Détails de la matière : barème de notation de l'épreuve 3 de physique NS

#### Répartition des points

Les candidats doivent répondre à **TOUTES** les questions de la section A [**15 points**] et à toutes les questions d'**UNE** des options de la section B [**30 points**]. Total maximum = [**45 points**].

#### Exemple de format de barème de notation :

Question			Réponses	Notes	Total
4.	b	ii	le déplacement et l'accélération ✓ sont dans des directions opposées ✓	<i>Accepter la force en lieu de l'accélération.</i>	2

1. Chaque rangée dans le tableau du barème de notation se rapporte à la plus petite sous-partie de la question.
2. La note maximum pour chaque sous-partie d'une question est indiquée dans la colonne « Total ».
3. Chaque point attribué dans la colonne « Réponses » est coché au moyen du signe (✓) à la fin de la réponse.
4. Une sous-partie de question peut avoir plus de points attribués que ne le permet le total. Cela est indiqué par le terme « **max** » écrit après la note dans la colonne « Total ». La rubrique s'y rapportant sera, au besoin, résumée dans la colonne « Notes ».
5. Une autre façon d'exprimer la réponse est indiquée dans la colonne « Réponses » par une barre oblique (/). L'une ou l'autre formulation peut être acceptée.
6. Une autre réponse possible est indiquée dans la colonne « Réponses » par « **OU** » sur la ligne entre les choix. L'une ou l'autre des réponses peut être acceptée.
7. Les mots entre chevrons < > dans la colonne « Réponses » ne sont pas nécessaires pour obtenir les points.
8. Les mots soulignés sont nécessaires pour obtenir les points.

9. L'ordre des réponses possibles ne doit pas nécessairement être comme dans la colonne « Réponses », sauf indication contraire dans la colonne « Notes ».
10. Si la réponse du candidat a le même « sens » ou peut être interprétée comme ayant une signification, une information et une validité équivalant à celle dans la colonne « Réponses », allouez la note. Si ce point est considéré comme particulièrement pertinent dans une question, l'expression « *ou réponse similaire* » apparaît dans la colonne « Notes ».
11. Rappelez-vous que de nombreux candidats rédigent l'épreuve dans une langue seconde. Une communication efficace est plus importante qu'une exactitude grammaticale.
12. Parfois, une partie de la question peut exiger une réponse nécessaire pour obtenir les réponses subséquentes. Si une erreur est commise dans la première réponse, elle doit être pénalisée. Cependant, si la réponse incorrecte est utilisée correctement dans les réponses subséquentes, il faut alors allouer des points de **suivi**. Lors de la notation, indiquer cela en ajoutant l'expression « *erreur reportée* » (ER) sur la copie. La mention « ER acceptable » apparaîtra dans la colonne « Notes ».
13. Ne pénalisez **pas** les candidats pour des erreurs dans les unités ou les chiffres significatifs, **à moins** que ce soit expressément mentionné dans la colonne « Notes ».

SECTION A

Question			Réponses	Notes	Total
1.	a	i	$a = 330 \langle \text{ms}^{-1} \rangle \checkmark$		1
	a	ii	$b_{\max} = \langle \frac{344-316}{40} \rangle = \langle 0,70 \rangle \langle \text{ms}^{-1} \text{°C}^{-1} \rangle \checkmark$ $b_{\min} = \langle \frac{340-318}{40} \rangle = \langle 0,55 \rangle \langle \text{ms}^{-1} \text{°C}^{-1} \rangle \checkmark$ $\Delta b = \langle \frac{0,70-0,55}{2} \rangle = \langle 0,075 \rangle \approx \langle 0,08 \rangle \langle \text{ms}^{-1} \text{°C}^{-1} \rangle \checkmark$		3
	a	iii	$b = 0,59 (\pm 0,08) \langle \text{ms}^{-1} \text{°C}^{-1} \rangle \checkmark$	<i>Accepter 0,593 (<math>\pm 0,075</math>).</i>	1
	b	i	$\theta = \langle \frac{-330}{0,6} \rangle = \langle -550 \rangle \langle \text{°C} \rangle \checkmark$		1
	b	ii	cette température est dénuée de sens physique <i><b>OU</b></i> il n'y a pas de température inférieure à $-273\text{°C}$ <i><b>OU</b></i> cette température ne peut être correcte $\checkmark$ il semble que le modèle de meilleur ajustement linéaire ne puisse être extrapolé loin de $0\text{°C}$ $\checkmark$		2

Question		Réponses	Notes	Total
2.	a	l'incertitude estimée sur $g$ sous forme de pourcentage $\langle \text{est de } 2 \times 0,3 + 0,6 \rangle = 1\%$ ✓	Accepter 1,2 %.	1
	b	utiliser plus qu'une hauteur ✓ obtenir $g$ à partir d'un graphique convenable $\langle \text{de la hauteur } h \text{ versus } t^2 \rangle$ ✓ $g$ est le double de la pente ✓  <i>OU</i> utiliser une plus petite boule $\langle \text{pour réduire la résistance de l'air} \rangle$ ✓ utiliser une hauteur $\langle \text{beaucoup} \rangle$ plus grande ✓ répéter l'expérience de nombreuses fois $\langle \text{pour moyenner le temps} \rangle$ ✓	Accepter $h$ versus $t^2$ ou $\sqrt{h}$ versus $t$ ou $\log h$ $\log t$ . L'analyse de $g$ doit correspondre au graphique présenté.	3
3.	a	la capacité calorifique massique réelle sera inférieure à la valeur calculée ✓ davantage d'énergie thermique est transférée au calorimètre et à son contenu que ce qui est pris en compte ✓	Ne pas accepter les réponses non élaborées.	2
	b	le métal peut ne pas avoir été chauffé uniformément <i>OU</i> le métal peut ne pas être entièrement à $100^\circ\text{C}$ ✓ de l'énergie a été cédée à l'air pendant le transfert ✓ de l'énergie peut avoir été cédée à l'air par le calorimètre ✓ l'eau peut ne pas être à une température uniforme ✓		1 max

SECTION B

Option A — Relativité

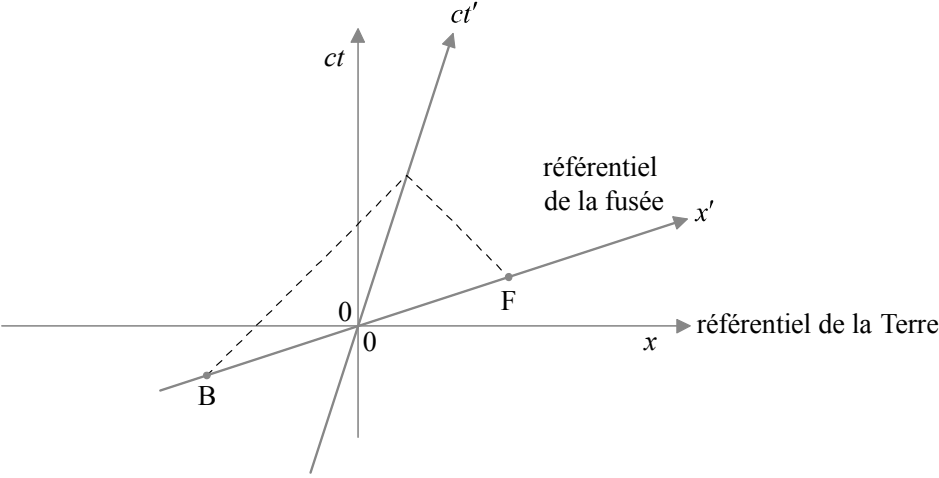
Question		Réponses	Notes	Total
4.	a	<p>les équations de Maxwell impliquaient une vitesse de la lumière indépendante de sa source  <i>OU</i>                      en mécanique newtonienne, la vitesse de la lumière dépend de la vitesse de la source ✓</p> <p>Einstein se fiait aux équations de Maxwell  <i>OU</i>                      Einstein a modifié la mécanique newtonienne ✓</p>		2
	b	i	magnétique ✓	1
	b	ii	<p>si une force existe dans un référentiel &lt;inertiel&gt;, une force doit exister dans tout autre référentiel &lt;inertiel&gt; ✓</p> <p>ne peut être magnétique car le proton est au repos dans <math>S'</math> ✓</p>	<p><i>Accepter une discussion en termes d'accélération de manière équivalente à une force.</i>  <i>Accepter une réponse en termes de champ électrique.</i></p> <p>2</p>

5.	a	i	$\langle \frac{900}{c} \Rightarrow 3,0 \times 10^{-6} \langle s \rangle \checkmark$	1
	a	ii	$\gamma = \langle \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,64}} \Rightarrow \frac{5}{3} \approx 1,67 \checkmark$ $\Delta t = \langle \gamma \left[ \Delta t' + \frac{v \Delta x'}{c^2} \right] \Rightarrow \frac{5}{3} \left[ 3,0 \times 10^{-6} + \frac{0,80c \times 900}{c^2} \right] \checkmark$ $= 9,0 \times 10^{-6} \langle s \rangle \checkmark$	3

(continue ...)

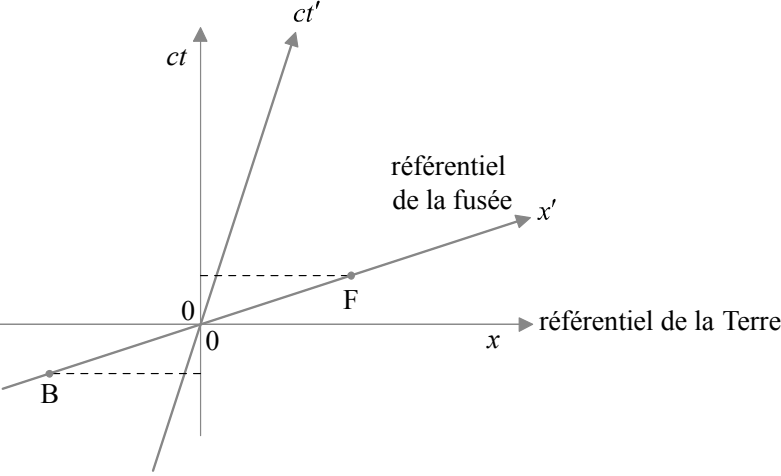


(Suite de la question 5)

Question		Réponses	Notes	Total
a	iii	$\Delta x = \langle ct = 3,0 \times 10^8 \times 9,0 \times 10^{-6} \Rightarrow 2700 \langle m \rangle$ <p><i>OU</i></p> $\Delta x = \langle \gamma [\Delta x' + v \Delta t'] \rangle = \frac{5}{3} \left[ 900 + 0,80c \times \frac{900}{c} \right] \Rightarrow 2700 \langle m \rangle \checkmark$		1
b	i	 <p>points de départ en B et F <math>\checkmark</math></p> <p>se terminent sur le même point de l'axe <math>ct'</math> <math>\checkmark</math></p> <p>pente correcte à 45° degrés <math>\checkmark</math></p>	<i>Juger visuellement.</i>	3

(continue ...)

(Suite de la question 5)

Question		Réponses	Notes	Total
b	ii	 <p>segments parallèles à l'axe <math>x</math> et passant par B et F ✓ pour constater que B s'est produit en premier ✓</p>		2
b	iii	$\Delta t = \gamma \left[ \Delta t' + \frac{v \Delta x'}{c^2} \right] \Rightarrow \frac{5}{3} \left[ 0 + \frac{0,80c \times [900]}{c^2} \right] \checkmark$ $\Delta t = 4,0 \times 10^{-6} \text{ < s > } \checkmark$		2
c		résolution en $u$ ✓ substitution correcte ✓ réponse correcte de $0,36c$ ✓		3

Question		Réponses	Notes	Total
6.	a	$pc = \langle \sqrt{E^2 - [mc^2]^2} \rangle = \sqrt{1070^2 - 135^2} \checkmark$		1
	b	énergie : $E_x + E_y = 1070 \langle \text{MeV} \rangle \checkmark$ quantité de mouvement : $E_x - E_y = 1060 \langle \text{MeV} \rangle \checkmark$ résolution pour obtenir $E_y = 5 \langle \text{MeV} \rangle \checkmark$		3

Question			Réponses	Notes	Total
7.	a	i	<p>impossible de distinguer les effets de la gravité de ceux de l'accélération <i>OU</i> un référentiel accélérant dans l'espace avec l'accélération <math>\langle a \rangle</math> est équivalent à un référentiel au repos dans un champ gravitationnel <math>\langle \text{avec } g=a \rangle</math> <i>OU</i> un référentiel en chute libre dans un champ gravitationnel est équivalent à un référentiel inertiel dans l'espace ✓</p>		1
	a	ii	<p><i>version avec un référentiel en accélération :</i> l'observateur se déplace par rapport à la source, donc la lumière subit un décalage Doppler ✓ le mouvement éloigne de la source donc la fréquence est réduite ✓ le référentiel est équivalent à un référentiel au repos dans un champ gravitationnel ✓ <i>OU</i> <i>version avec référentiel en chute libre :</i> la lumière reçue par un observateur dans un référentiel en chute libre est décalée vers le bleu en raison de l'effet Doppler ✓ mais le référentiel est équivalent à un référentiel inertiel donc la fréquence ne peut pas changer ✓ par conséquent, la lumière qui s'élève subit un décalage gravitationnel vers le rouge <math>\langle \text{pour compenser le décalage Doppler vers le bleu} \rangle</math> ✓</p>		3
	b		$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{1,25}}} \checkmark$ $= 2,24 \langle s \rangle \checkmark$		2

Option B — Physique de l'ingénieur

Question		Réponses	Notes	Total
8.	a	$\alpha = \frac{a}{R} \checkmark$ $T \times R = \frac{1}{2} MR^2 \frac{a}{R} \checkmark$ $mg - T = ma \checkmark$ <p>⟨ajouter les équations/éliminer la tension⟩ pour obtenir <math>mg = ma + \frac{1}{2} Ma \checkmark</math></p>		4
	b	i		2
		$a = \left\langle \frac{24 \times 9,8}{24 + \frac{36}{2}} \right\rangle \Rightarrow 5,6 \langle \text{ms}^{-2} \rangle \checkmark$ $v = \left\langle \sqrt{2as} = \sqrt{2 \times 5,6 \times 16} \right\rangle \Rightarrow 13,4 \approx 13 \langle \text{ms}^{-1} \rangle \checkmark$ <p><b>OU</b></p> $mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I^2 \omega^2$ <p><b>OU</b></p> $mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I \frac{v^2}{R^2} \checkmark$ $v = \left\langle \sqrt{\frac{2 \times 24 \times 9,8 \times 16}{24 + 18}} \right\rangle \Rightarrow 13,4 \approx 13 \langle \text{ms}^{-1} \rangle \checkmark$	Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.	

(continue ...)

(Suite de la question 8)

Question		Réponses	Notes	Total
b	ii	<p>la dérivée par rapport au temps de <math>L</math> est <math>I\alpha = I \frac{a}{R}</math> ✓</p> $\left\langle \frac{1}{2} MR^2 \frac{a}{R} \right\rangle = \frac{1}{2} \times 36 \times 0,20 \times \frac{24 \times 9,8}{24 + \frac{36}{2}} \quad \checkmark$ $= 20,2 \approx 20 \langle \text{Nm} \rangle \quad \checkmark$ <p><i>OU</i></p> <p>la dérivée par rapport au temps de <math>L</math> est <math>\Gamma</math> (le couple sur l'axe) ✓</p> $\Gamma = TR = \frac{1}{2} \times 36 \times \frac{24 \times 9,8}{24 + \frac{36}{2}} \times 0,20 \quad \checkmark$ $= 20,2 \approx 20 \langle \text{Nm} \rangle \quad \checkmark$	<p>Accorder [3] pour une réponse correcte non élaborée.</p>	3
c		$\langle P = 45 \times 9,8 \times 2,0 \rangle = 882 \approx 880 \langle \text{W} \rangle \quad \checkmark$		1

Question			Réponses	Notes	Total
9.	a		$\langle \text{le maximum est en B, d'ou } T_B = 400 \times \frac{8}{2} \Rightarrow 1600 \text{ K} \rangle \checkmark$		1
	b	i	$W = \langle p\Delta V \Rightarrow 5,0 \times 10^5 \times [8,0 - 2,0] \times 10^{-3} \checkmark$ $W = 3,0 \times 10^3 \text{ J} \checkmark$	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	b	ii	$\Delta U = \langle \frac{3}{2} p\Delta V = \frac{3}{2} \times 3,0 \times 10^3 \Rightarrow 4,5 \times 10^3 \text{ J} \rangle \checkmark$	<i>Accorder [1] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	1
	b	iii	$Q = \langle \Delta U + W = 3,0 \times 10^3 + 4,5 \times 10^3 \Rightarrow 7,5 \times 10^3 \text{ J} \rangle \checkmark$	<i>Accorder [1] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	1
	c		$\Delta S = \frac{Q}{T} = -\frac{1390}{400} \checkmark$ $\Delta S = -3,48 \approx -3,5 \text{ JK}^{-1} \checkmark$	<i>Accorder au maximum [1] pour un signe moins oublié. Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	d		$e = \frac{3000 - 1390}{7500} \checkmark$ $e = 0,21 \checkmark$	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	e		supérieur $\checkmark$		1

Question		Réponses	Notes	Total	
10.	a	écoulement lisse <i>OU</i> écoulement non turbulent <i>OU</i> écoulement avec un faible nombre de Reynolds ✓		1	
	b	i	référence à $Av = \text{constante}$ ✓ la surface <d'un débitmètre> diminue au-dessus du profil / <i>ou équivalent</i> ✓	2	
	b	ii	se rendre compte que la hauteur ne joue aucun rôle, <b>c'est-à-dire</b> : $\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p_2$ ✓ $p_1 - p_2 = \left\langle \frac{1}{2} \times 0,95 \times [64^2 - 52^2] \right\rangle \Rightarrow 661,2 \langle \text{Pa} \rangle$ ✓ $L = \langle [p_1 - p_2] A = 661,2 \times 2,0 \Rightarrow 1,3 \langle \text{kN} \rangle$ ✓	Accorder au <b>[1 max]</b> pour une réponse de 137 N. Accorder <b>[3]</b> pour une réponse correcte non élaborée.	3

11.	a	$Q = 2\pi \times \frac{4^2}{4^2 - 3^2}$ ✓ $Q = 14,36 \approx 14$ ✓		2
	b	i	l'amplitude augmentera ✓	1
	b	ii	la phase tendra vers <moins> $\frac{\pi}{2}$ <par rapport à la force d'excitation> ✓	1



Option C — Imagerie

Question			Réponses	Notes	Total
12.	a	i	l'image se formerait au point focal du miroir concave <i>OU</i> à une distance de 9,50 m du centre du miroir concave <car la distance à l'objet est très grande> ✓  $\langle - \rangle \frac{9,50}{u} = \frac{D_i}{D_o}$ ✓  $D_i = 9,50 \times \frac{D_o}{u} = 9,50 \times \theta = 9,50 \times 1,40 \times 10^{-4}$ ✓ $= 0,00133 \langle \text{m} \rangle$		3
	a	ii	la distance à l'objet est $-[9,50 - 8,57] = -0,93 \langle \text{m} \rangle$ ✓  donc le grossissement est $\frac{8,57}{0,93} = 9,215$ ✓  le diamètre de cette image est donc $9,215 \times 0,00133 = 0,012256 \langle \text{m} \rangle$ ✓	<i>Ignorer le signe.</i>	3
	a	iii	angle : $\frac{12,3 \langle \text{mm} \rangle}{98,0 \langle \text{mm} \rangle} = 0,126 \langle \text{rad} \rangle$ ✓  grossissement : $\frac{0,126}{1,40 \times 10^{-4}}$ ✓ $= 900$ ✓		3

(continue ...)

(Suite de la question 12)

Question			Réponses	Notes	Total
	<b>b</b>	<b>i</b>	avec des miroirs paraboliques, le problème des aberrations sphériques est éliminé ✓		<b>1</b>
	<b>b</b>	<b>ii</b>	pas d'aberrations chromatiques ✓ il est plus facile/économique de produire de grands miroirs que de grandes lentilles ✓ plus faciles à monter, ce qui permet de produire de grandes tailles ✓ moins d'absorption dans le verre ✓		<b>1 max</b>
	<b>c</b>		de multiples sources de rayonnement électromagnétique autres que la lumière visible ont été découvertes <b>OU</b> une comparaison d'images optiques et non optiques peut être effectuée ✓ ce qui permet d'améliorer de façon considérable notre compréhension de ce qui existe dans l'univers ✓		<b>2</b>

<b>13.</b>	<b>a</b>	<b>i</b>	$\frac{1}{u} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} = \frac{1}{0,40 \times 10^{-2}} - \frac{1}{20 \times 10^{-2}} \quad \checkmark$		<b>1</b>
	<b>a</b>	<b>ii</b>	$M = \left\langle -\frac{v}{u} \times \frac{D}{f_e} \right\rangle = -\frac{0,20}{4,1 \times 10^{-3}} \times \frac{0,25}{3,2 \times 10^{-2}} \quad \checkmark$ $M = 382,8 \approx 380 \quad \checkmark$		<b>2</b>
	<b>a</b>	<b>iii</b>	$\frac{0,1 \langle \text{mm} \rangle}{380} \approx 260 \langle \text{nm} \rangle \quad \checkmark$		<b>1</b>
	<b>b</b>		atténuation = $\langle 4,6 \times 6,2 \rangle = 28,5 \langle \text{dB} \rangle \quad \checkmark$ $p = 120 \times 10^{-2,85} \quad \checkmark$ puissance = $0,17 \langle \text{mW} \rangle \quad \checkmark$		<b>3</b>

Question			Réponses	Notes	Total
14.	a	i	la netteté est une mesure de la facilité avec laquelle les contours de différents organes ou de différents types de tissus peuvent être observés dans une image ✓		1
	a	ii	utiliser une source aussi ponctuelle que possible <i>OU</i> réduire la rétro-diffusion de photons avec des bandes de métal (placées dans la direction des rayons X incidents) <i>OU</i> utiliser un logiciel pour détecter et améliorer les contours ✓		1
	b	i	ils seront absorbés (et causeront des dommages) sans contribuer à la formation de l'image ✓		1
	b	ii	à 50 keV, le coefficient d'absorption est $0,20\text{ cm}^{-1}$ ✓ la fraction d'intensité transmise est $\langle e^{-0,20 \times 2} \Rightarrow 67\% \rangle$ ✓	<i>Accepter 0,67.</i>	2
	c	i	force les protons à subir une transition de spin ✓		1
	c	ii	permet de déterminer le point depuis lequel les photons sont émis ✓		1
	c	iii	le temps de relaxation du spin des protons dépend du type de tissu au point où le rayonnement est émis ✓		1
	d		aucun rayonnement ionisant nocif ✓ permet de mieux distinguer différentes parties du tissu mou ✓		2

**Option D — Astrophysique**

Question		Réponses	Notes	Total	
15.	a	hélium ✓		1	
	b	i	$d = \sqrt{\frac{3,8 \times 10^{27}}{4\pi \times 7,6 \times 10^{-14}}} \checkmark$ $d = 6,3 \times 10^{19} \text{ <m> } \checkmark$ $d = 2000 \text{ <pc> } \checkmark$	<i>Accorder [3] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	3
	b	ii	non, la distance est trop importante pour que l'angle de parallaxe soit mesuré précisément, <même depuis un télescope en orbite> ✓	1	
	b	iii	$\left[ \frac{M}{M_{\odot}} \right]^{3,5} = 10 \checkmark$ $\frac{M}{M_{\odot}} = \langle 10^{3,5} \Rightarrow \rangle 1,93 \approx 2 \checkmark$	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	c	i	estimations des températures de 7500 (±200) <K> pour l'étoile et de 6000 <K> pour le Soleil ✓ $10 = \frac{\sigma 4\pi R^2 7500^4}{\sigma 4\pi R_{\odot}^2 6000^4} \checkmark$ $\frac{R}{R_{\odot}} \approx 2 \checkmark$	<i>Accepter les réponses dans l'intervalle 1,9 à 2,1.</i>	3
	c	ii	segment de droite débutant à la position correcte [T = 7500 K, L = 10] est passant par les géantes rouges ✓ puis se terminant sur les naines blanches ✓	2	

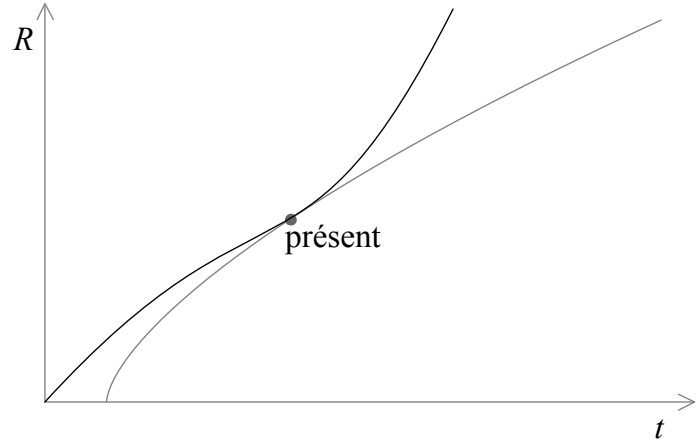
(continue ...)

(Suite de la question 15)

Question			Réponses	Notes	Total
	<b>c</b>	<b>iii</b>	équilibre entre la pression gravitationnelle et la pression de dégénérescence des électrons ✓ à condition que la masse finale soit inférieure à la limite de Chandrasekhar/inférieure à $1,4 M_{\odot}$ ✓		<b>2</b>

<b>16.</b>	<b>a</b>	<b>i</b>	l'univers est en expansion, donc les longueurs d'ondes <comme toutes les distances> sont dilatées <b>OU</b> la longueur d'onde augmente, ce qui signifie que le décalage Doppler vers le rouge est observé ✓	<i>Le décalage vers le rouge doit être mentionné dans la réponse alternative.</i>	<b>1</b>
	<b>a</b>	<b>ii</b>	$\langle z = \frac{v}{c} \Rightarrow \rangle v = 0,157 \times 3,0 \times 10^8 = 4,7 \times 10^4 \langle \text{km s}^{-1} \rangle$ ✓  $d = \langle \frac{v}{H} = \frac{4,7 \times 10^4}{71} \Rightarrow \rangle 660 \langle \text{Mpc} \rangle$ ✓	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	<b>2</b>
	<b>b</b>	<b>i</b>	la gravité retient les galaxies ✓		<b>1</b>
	<b>b</b>	<b>ii</b>	les supernovas lointaines apparaissent moins lumineuses que ce à quoi on s'attendait ✓ ce qui indique qu'elles étaient plus loin que la distance attendue ✓		<b>2</b>

Question		Réponses	Notes	Total
17.	a	<p>la courbe d'énergie de liaison par nucléon atteint son maximum pour un nombre de masse d'environ 60 ✓</p> <p>la production d'éléments plus lourds avec la fusion n'est plus possible d'un point de vue énergétique ✓</p>		2
	b	<p>absorption de neutrons par les noyaux ✓</p> <p>par un processus lent dans les étoiles, qui s'achève par la production de bismuth <i>OU</i></p> <p>par un processus rapide dans les supernovas, qui s'achève avec les isotopes les plus lourds &lt;au-delà du bismuth&gt; ✓</p>		2

Question		Réponses	Notes	Total
18.	a	l'univers a une structure ✓ les structures se développent uniquement s'il existe des fluctuations/différences de densité/ différences de température <ce que montrent les anisotropies du rayonnement cosmique fossile> ✓		2
	b	 <p>graphique comme ci-dessus – n'a pas besoin de commencer à l'origine ✓</p>		1
	c	i	la courbe devient plate ✓	1
	c	ii	la courbe peut être utilisée pour estimer la masse de la galaxie ✓ cette masse est supérieure à l'estimation de la masse de la galaxie basée sur la quantité de lumière rayonnée ✓	2







**PHYSIQUE**  
**NIVEAU MOYEN**  
**ÉPREUVE 1**

SPÉCIMEN D'ÉPREUVE

45 minutes

---

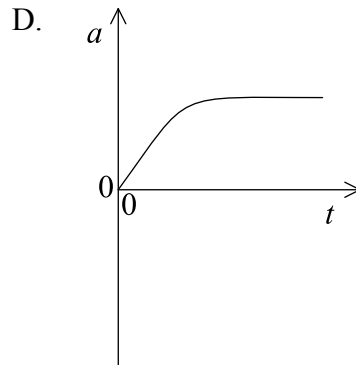
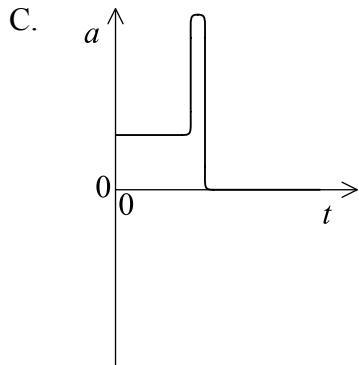
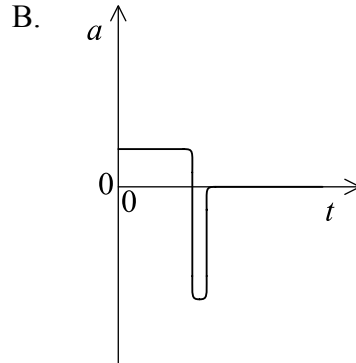
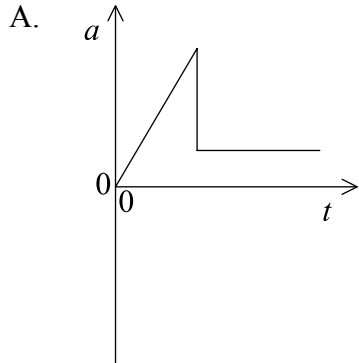
INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS

- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Répondez à toutes les questions.
- Choisissez pour chaque question la réponse que vous estimez la meilleure et indiquez votre choix sur la feuille de réponses qui vous est fournie.
- 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 [30 points].

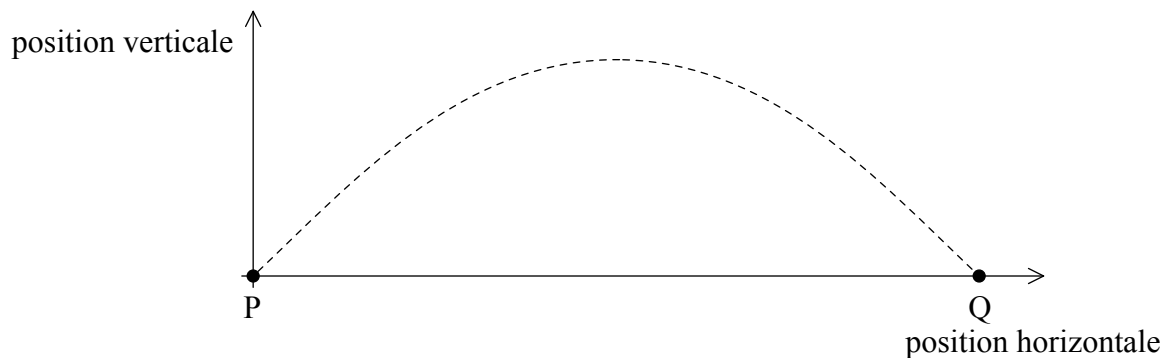
1. Un objet initialement au repos subit une chute libre sur une distance verticale de 44,0 m pendant une durée de 3,0 s. Quelle valeur doit être utilisée pour l'accélération de la chute libre ?
  - A.  $9,778 \text{ ms}^{-2}$
  - B.  $9,780 \text{ ms}^{-2}$
  - C.  $9,78 \text{ ms}^{-2}$
  - D.  $9,8 \text{ ms}^{-2}$
  
2. Quel est l'ordre de grandeur de la fréquence de la lumière visible ?
  - A.  $10^{-15} \text{ Hz}$
  - B.  $10^{-7} \text{ Hz}$
  - C.  $10^9 \text{ Hz}$
  - D.  $10^{15} \text{ Hz}$
  
3. Une femme marche vers le nord à  $1 \text{ ms}^{-1}$  avant de tourner d'un angle de  $90^\circ$  pour se diriger vers l'est sans modifier le module de sa vitesse. Quel est le changement éventuellement subi par son vecteur vitesse ?
  - A. Pas de changement
  - B.  $1 \text{ ms}^{-1}$  vers l'ouest
  - C.  $\sqrt{2} \text{ ms}^{-1}$  vers le nord-est
  - D.  $\sqrt{2} \text{ ms}^{-1}$  vers le sud-est
  
4. Une voiture-jouet initialement au repos descend une piste inclinée qui lui confère une accélération de  $2,0 \text{ ms}^{-2}$ . Quelle est la vitesse de la voiture au bout de 3,0 s ?
  - A.  $6,0 \text{ ms}^{-1}$
  - B.  $9,0 \text{ ms}^{-1}$
  - C.  $45 \text{ ms}^{-1}$
  - D.  $54 \text{ ms}^{-1}$



5. Un parachutiste saute d'un avion et descend en chute libre pendant un court instant avant d'ouvrir son parachute. Lequel de ces graphiques représente la variation de l'accélération  $a$  du parachutiste en fonction du temps  $t$  à partir du moment où il quitte l'avion jusqu'à l'ouverture complète du parachute ?

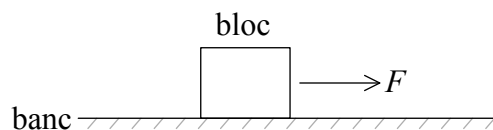


6. Un projectile de masse  $m$  est propulsé d'un point P avec vecteur vitesse dont la composante verticale est  $v_v$  et la composante horizontale est  $v_h$ . Le projectile atteint le point Q comme indiqué sur le graphique.



La résistance de l'air sur le projectile est négligeable. Quelle est la valeur de variation de la quantité de mouvement du projectile sur son trajet entre P et Q ?

- A. Zéro
  - B.  $2mv_v$
  - C.  $2mv_h$
  - D.  $2m\sqrt{v_v^2 + v_h^2}$
7. Un bloc de bois est placé sur un banc. Une force horizontale variable  $F$  est appliquée au bloc, qui est initialement au repos.



$F$  est initialement augmentée puis ajustée jusqu'à ce que le bloc se déplace à une vitesse horizontale constante. Laquelle des affirmations suivantes décrit-elle  $F$  pendant que le bloc est en mouvement sur le banc ?

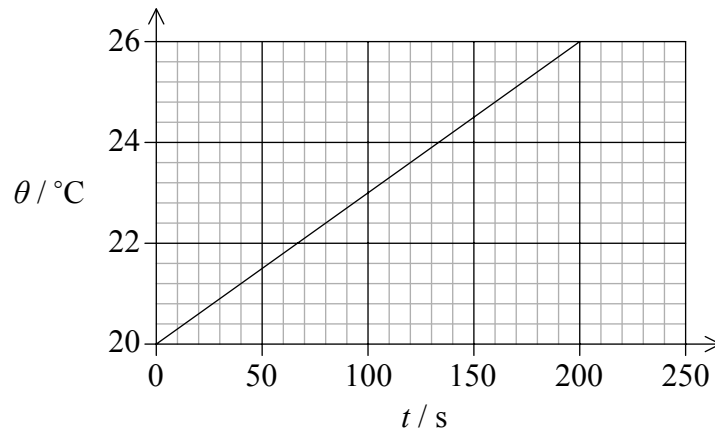
- A. Elle continue à augmenter.
- B. Elle atteint une valeur constante.
- C. Elle tombe à zéro.
- D. Elle tombe à une valeur constante.



8. La livre est une unité de masse équivalente à 0,454 kg. Elle est utilisée dans un petit nombre de pays mais n'est que rarement employée par les scientifiques d'aujourd'hui. Laquelle des affirmations suivantes est-elle correcte ?
- A. Les scientifiques ne peuvent être sûrs que tous les autres scientifiques seront capables de travailler en livres.
  - B. La livre ne peut être définie assez précisément pour être utilisée.
  - C. La livre est une unité trop grande pour être utilisée avec la plupart des masses.
  - D. La livre ne peut être divisée en portions métriques.
9. Une fusée est constituée de deux étages, la fusée principale de masse  $M$  et un propulseur d'appoint de masse  $m$ . Pendant que la fusée avance librement dans l'espace à une vitesse  $v$ , le propulseur d'appoint se détache de la fusée principale et reste stationnaire. Quelle est la vitesse de la fusée principale ?
- A.  $\frac{mv}{M - m}$
  - B.  $\frac{Mv}{M - m}$
  - C.  $\frac{Mv}{M + m}$
  - D.  $\frac{(M + m)v}{M}$



10. Un élément chauffant électrique d'une puissance de 12 W est plongé dans un liquide de masse 0,2 kg. Le graphique représente la variation de la température  $\theta$  du liquide en fonction du temps  $t$ .

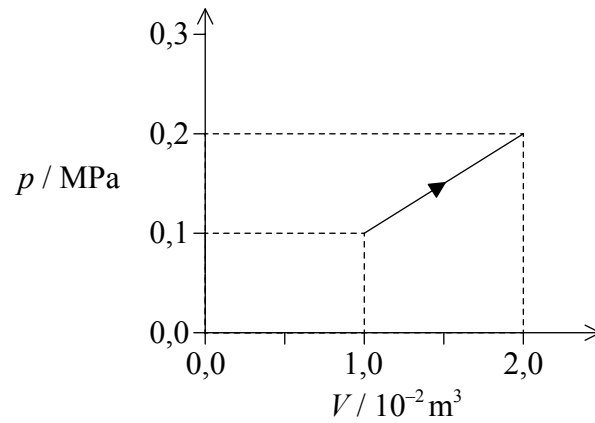


Quelle est la valeur de la capacité calorifique massique du liquide ?

- A.  $20 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
  - B.  $500 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
  - C.  $2000 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
  - D.  $12\,000 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
11. Un ballon est perforé d'un petit trou et des molécules fuient dans l'air environnant. La température reste inchangée. Le volume et la pression du ballon dans l'état initial sont respectivement  $V_0$  et  $p_0$ . Laquelle des possibilités suivantes décrit correctement les nouvelles valeurs du volume et de la pression par rapport aux valeurs initiales ?

	<b>Volume</b>	<b>Pression</b>
A.	$< V_0$	$< p_0$
B.	$< V_0$	$p_0$
C.	$V_0$	$< p_0$
D.	$V_0$	$p_0$

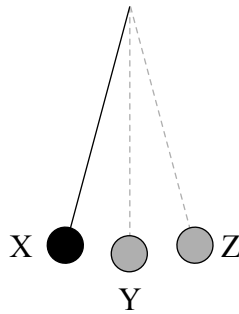
12. Le graphique ci-dessous représente la variation en fonction du volume  $V$  de la pression  $p$  d'une masse constante d'un gaz parfait à mesure que la température du gaz est augmentée, à partir de  $27^\circ\text{C}$ .



Quelle est la température finale du gaz ?

- A.  $27^\circ\text{C}$
- B.  $54^\circ\text{C}$
- C.  $108^\circ\text{C}$
- D.  $927^\circ\text{C}$

13. Le schéma ci-dessous représente un pendule simple décrivant un mouvement harmonique simple entre les positions X et Z. La position de repos du pendule est notée Y.



Lequel des choix suivants décrit-il correctement valeur de l'accélération linéaire et de la vitesse linéaire de l'extrémité du pendule ?

	Accélération linéaire	Vitesse linéaire
A.	nulle en Y	nulle en Y
B.	maximale en X et Z	nulle en X et Z
C.	maximale en X et Z	maximale en X et Z
D.	nulle en X et Z	maximale en X et Z

14. Voici quelques-unes des propriétés qui peuvent être démontrées en utilisant des ondes

- I. la réfraction
- II. la polarisation
- III. la diffraction.

Lesquelles des propriétés suivantes peuvent-elles être démontrées en utilisant des ondes **sonores** ?

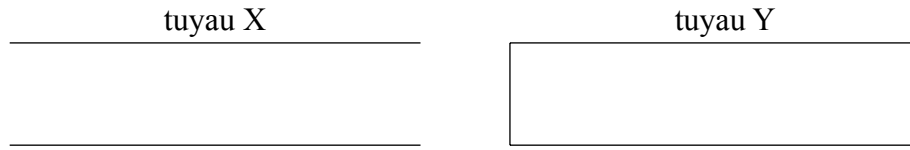
- A. I et II seulement
- B. I et III seulement
- C. II seulement
- D. III seulement



15. L'amplitude d'une onde à une certaine distance d'une source est notée  $A$  et son intensité est notée  $I$ . À cette même position, l'amplitude augmente et atteint  $4A$ . Quelle est l'intensité de l'onde ?
- A.  $I$
- B.  $2I$
- C.  $4I$
- D.  $16I$
16. La lumière se propage avec une vitesse  $v$  et une longueur d'onde  $\lambda$  dans un milieu d'indice de réfraction  $n_1$ . La lumière pénètre ensuite dans un deuxième milieu d'indice de réfraction  $n_2$ . Quelles sont les valeurs de la vitesse et de la longueur d'onde de la lumière dans le deuxième milieu ?

	Vitesse	Longueur d'onde
A.	$v \frac{n_1}{n_2}$	$\lambda \frac{n_1}{n_2}$
B.	$v \frac{n_1}{n_2}$	$\lambda \frac{n_2}{n_1}$
C.	$v \frac{n_2}{n_1}$	$\lambda \frac{n_1}{n_2}$
D.	$v \frac{n_2}{n_1}$	$\lambda \frac{n_2}{n_1}$

17. Le schéma ci-dessous représente deux tuyaux de même longueur. Le tuyau X est ouvert aux deux extrémités tandis que le tuyau Y est fermé à une extrémité.

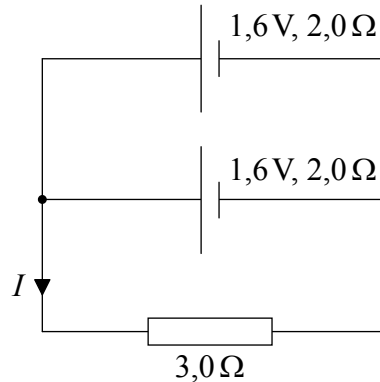


Laquelle des affirmations suivantes est-elle correcte quant aux harmoniques que chaque tuyau peut produire ?

	Tuyau X	Tuyau Y
A.	tous les harmoniques	tous les harmoniques
B.	tous les harmoniques	harmoniques impairs uniquement
C.	harmoniques impairs uniquement	tous les harmoniques
D.	harmoniques impairs uniquement	harmoniques impairs uniquement

18. Deux câbles de diamètres différents sont constitués du même métal. Ces câbles sont branchés en série à une pile. Laquelle des grandeurs suivantes sera **plus faible** dans le câble le **plus épais** ?
- A. Le courant
  - B. La vitesse de dérive des électrons
  - C. Le nombre d'électrons libres par unité de volume
  - D. Le nombre d'électrons libres traversant toute section transverse du câble par seconde
19. Une bobine chauffante est raccordée à une batterie avec une force électromotrice (f.é.m.) de 10V et une résistance interne négligeable. La puissance dissipée dans la bobine est de 25W. Quelle est la résistance de la bobine ?
- A. 0,25  $\Omega$
  - B. 2,5  $\Omega$
  - C. 4,0  $\Omega$
  - D. 250  $\Omega$

20. Deux piles identiques, chacune avec une f.é.m. de  $1,6\text{V}$  et une résistance interne de  $2,0\Omega$ , sont branchées en parallèle à une résistance de  $3,0\Omega$ .



Quelle est la valeur de l'intensité courant  $I$  ?

- A.  $0,4\text{A}$
  - B.  $0,6\text{A}$
  - C.  $0,8\text{A}$
  - D.  $1,6\text{A}$
21. Un conducteur traversé par un courant est positionné perpendiculairement à un champ magnétique. La force exercée sur le conducteur est notée  $F$ . Le conducteur est ensuite tourné de manière à être parallèle au champ, sans rien modifier d'autre. De quelle manière la force exercée sur le conducteur change-t-elle (le cas échéant) ?
- A. Elle ne change pas.
  - B. Elle augmente jusqu'à une valeur supérieure à  $F$ .
  - C. Elle diminue jusqu'à une valeur strictement positive mais inférieure à  $F$ .
  - D. Elle devient nulle.

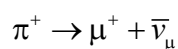
22. Un astronaute est en orbite autour de la Terre dans une capsule spatiale. Laquelle des affirmations suivantes est-elle correcte ?
- A. Aucune force gravitationnelle ne s'exerce sur la capsule spatiale ou sur l'astronaute.
  - B. La capsule spatiale et l'astronaute ont la même accélération.
  - C. La capsule spatiale et l'astronaute sont tous deux en équilibre.
  - D. La force gravitationnelle qui s'exerce sur la capsule spatiale est égale à celle qui s'exerce sur l'astronaute.
23. Le tableau suivant présente quatre des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène avec les énergies associées.

Niveau d'énergie	Énergie / $10^{-19} \text{ J}$
6	-0,6
4	-1,4
2	-5,4
1	-21,8

Lorsqu'un électron passe du niveau 6 au niveau 1, la raie spectrale émise a une longueur d'onde de  $9,4 \times 10^{-8} \text{ m}$ . Quelle est la longueur d'onde approximative de la raie spectrale émise lorsqu'un électron passe du niveau 4 au niveau 2 ?

- A.  $5 \times 10^{-4} \text{ m}$
  - B.  $5 \times 10^{-7} \text{ m}$
  - C.  $5 \times 10^{-8} \text{ m}$
  - D.  $5 \times 10^{-10} \text{ m}$
24. Tous les isotopes d'un élément donné ont
- A. le même mode de désintégration radioactive.
  - B. la même demi-vie.
  - C. le même nombre de protons.
  - D. le même nombre de neutrons.

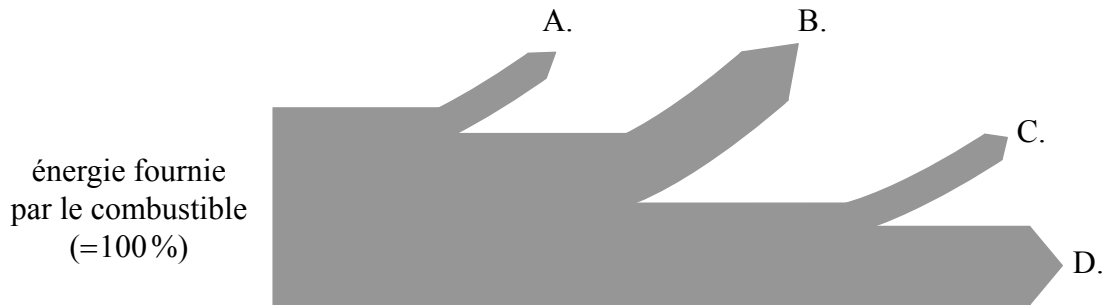
25. La valeur de l'énergie de liaison par noyau est
- A. maximale pour les nucléides avec un nombre de nucléons d'environ 60.
  - B. directement proportionnelle au ratio neutrons/protons des nucléides.
  - C. maximale pour les nucléides avec des charges nucléaires élevées.
  - D. maximale pour les nucléides avec des charges nucléaires faibles.
26. Un pion positif est un méson constitué d'un quark *up* et d'un antiquark *down*. Un élève suggère que la désintégration du pion positif est décrite par l'équation suivante.



Cette suggestion est incorrecte car l'une des quantités n'est pas conservée. Quelle quantité n'est **pas** conservée dans l'équation de l'élève ?

- A. La charge
  - B. Le nombre baryonique
  - C. Le nombre leptonique
  - D. L'étrangeté
27. On double la longueur des pales d'une turbine éolienne. Quelle sera le facteur d'augmentation de la puissance de sortie maximale ?
- A. 2
  - B. 4
  - C. 8
  - D. 16

28. Le diagramme de Sankey suivant présente une centrale à combustible fossile typique avec un rendement global de 40%. Il existe des pertes dues aux frottements, à la transmission électrique et aux transferts d'énergie vers l'environnement plus froid. Quelle flèche représente les pertes d'énergie vers l'environnement ?



29. La température absolue d'un corps noir augmente de 2%. Quel est l'augmentation, exprimée sous forme de pourcentage, de la puissance émise par le corps noir ?
- A. 2
  - B. 4
  - C. 8
  - D. 16
30. À quoi la conductivité thermique est-elle principalement due dans un gaz ?
- A. Au mouvement des électrons libres
  - B. Aux transferts d'énergie des molécules rapides vers les molécules lentes
  - C. Aux transferts d'énergie des molécules lentes vers les molécules rapides
  - D. Aux vibrations du réseau qui provoquent des collisions avec les molécules avoisinantes
-



# **BARÈME DE NOTATION**

## **SPÉCIMEN D'ÉPREUVE**

### **PHYSIQUE**

#### **Niveau moyen**

#### **Épreuve 1**

1.	<u>D</u>	16.	<u>A</u>	31.	<u>-</u>	46.	<u>-</u>
2.	<u>D</u>	17.	<u>B</u>	32.	<u>-</u>	47.	<u>-</u>
3.	<u>D</u>	18.	<u>B</u>	33.	<u>-</u>	48.	<u>-</u>
4.	<u>A</u>	19.	<u>C</u>	34.	<u>-</u>	49.	<u>-</u>
5.	<u>B</u>	20.	<u>A</u>	35.	<u>-</u>	50.	<u>-</u>
6.	<u>B</u>	21.	<u>D</u>	36.	<u>-</u>	51.	<u>-</u>
7.	<u>D</u>	22.	<u>B</u>	37.	<u>-</u>	52.	<u>-</u>
8.	<u>A</u>	23.	<u>B</u>	38.	<u>-</u>	53.	<u>-</u>
9.	<u>D</u>	24.	<u>C</u>	39.	<u>-</u>	54.	<u>-</u>
10.	<u>C</u>	25.	<u>A</u>	40.	<u>-</u>	55.	<u>-</u>
11.	<u>A</u>	26.	<u>C</u>	41.	<u>-</u>	56.	<u>-</u>
12.	<u>D</u>	27.	<u>B</u>	42.	<u>-</u>	57.	<u>-</u>
13.	<u>B</u>	28.	<u>B</u>	43.	<u>-</u>	58.	<u>-</u>
14.	<u>B</u>	29.	<u>C</u>	44.	<u>-</u>	59.	<u>-</u>
15.	<u>D</u>	30.	<u>B</u>	45.	<u>-</u>	60.	<u>-</u>



**PHYSIQUE**  
**NIVEAU MOYEN**  
**ÉPREUVE 2**

Numéro de session du candidat

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

SPÉCIMEN D'ÉPREUVE

1 heure 15 minutes

Code de l'examen

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

**INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS**

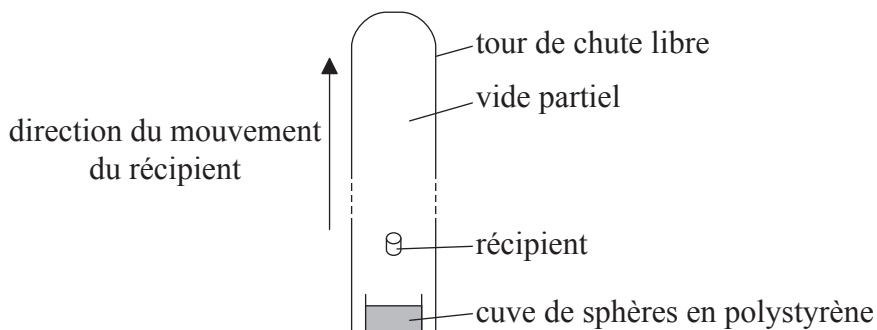
- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Répondez à toutes les questions.
- Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.
- Une calculatrice est nécessaire pour cette épreuve.
- Un exemplaire non annoté du *Recueil de données de physique* est nécessaire pour cette épreuve.
- Le nombre maximum de points pour cette épreuve d'examen est [50 points].



12EP01

Répondez à **toutes** les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

- 1. Dans la tour verticale de chute libre représentée, des récipients contenant des expériences sont lancés vers le haut.



Le récipient se déplace sous l'action de la gravité et finit par retomber au fond de la tour. La majeure partie de l'air est évacuée de la tour de manière à ce que la résistance de l'air soit négligeable. Pendant son vol, le récipient et son contenu sont en chute libre.

- (a) Le récipient est lancé verticalement vers le haut avec une vitesse initiale de  $48 \text{ m s}^{-1}$ . Déterminer la durée pendant laquelle le récipient est en vol. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



*(Suite de la question 1)*

- (b) À la fin du vol, le récipient dont la masse totale est de 480 kg tombe dans une cuve pleine de sphères en polystyrène expansé afin de le ralentir. Le récipient s'arrête au bout d'une course de 8,0 m dans le polystyrène. Calculer la force moyenne exercée sur le récipient par les sphères. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Résumer les raisons pour lesquelles les expériences dans le récipient peuvent être considérées comme soumises à des conditions d'apesanteur. [2]

.....

.....

.....

.....

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



*(Suite de la question 1)*

(d) La tour a une hauteur de 120 m avec un diamètre interne de 3,5 m. Lorsque la majeure partie de l'air a été évacuée, la pression dans la tour est de 0,96 Pa.

(i) Déterminer le nombre de molécules d'air dans la tour lorsque la température de l'air est de 300 K. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Résumer le raisonnement indiquant si le comportement de l'air restant dans la tour représente une approximation du comportement d'un gaz parfait. [2]

.....

.....

.....

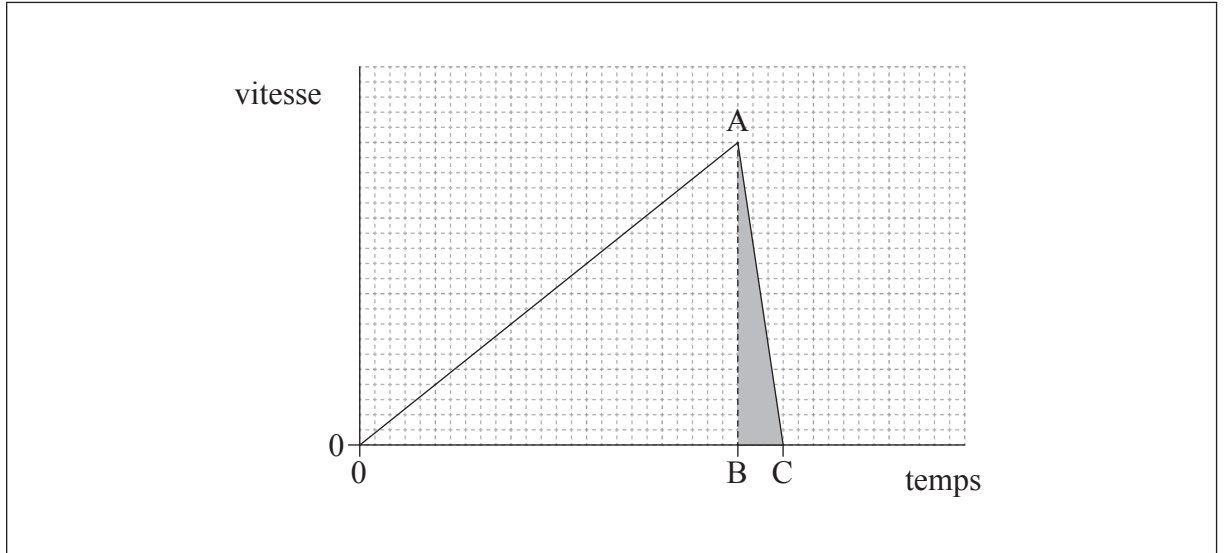
.....

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



(Suite de la question 1)

- (e) Le récipient peut aussi être lâché du haut de la tour en étant initialement au repos. Le graphique représente la variation de la vitesse du récipient par rapport au temps à partir de l'instant où l'objet est lâché dans la tour sous un vide partiel.



- (i) Exprimer la grandeur représentée par l'aire ombragée ABC. [1]

.....

- (ii) De l'air est introduit dans la tour. L'air dans la tour étant à la pression atmosphérique, le récipient est lâché du haut de la tour. En utilisant les axes dans (e), représenter un graphique montrant la variation de la vitesse du récipient en fonction du temps à partir de l'instant où le récipient est lâché, l'air étant à la pression atmosphérique. [3]



2. (a) Exprimer la loi d'Ohm. [1]

.....  
.....

(b) (i) Un fil de cuivre a une longueur de 0,20 km et un diamètre de 3,0 mm. La résistivité du cuivre est de  $1,7 \times 10^{-8} \Omega m$ . Déterminer la résistance du fil. [3]

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

(ii) Une différence de potentiel de 6,0V est appliquée entre les extrémités du fil. Calculer la puissance dissipée dans le fil. [1]

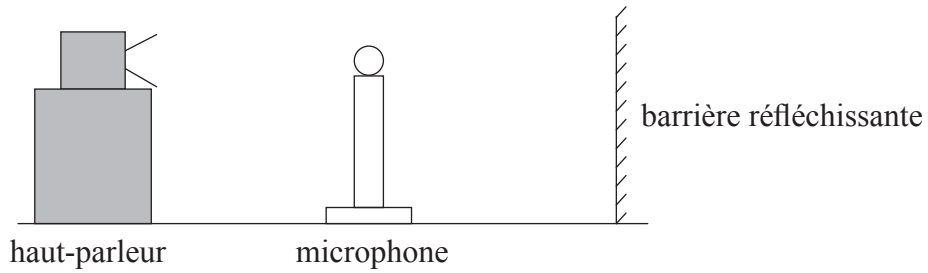
.....  
.....

(iii) Expliquer comment la circulation d'électrons dans le fil produit une augmentation de la température du fil. [3]

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



3. Un haut-parleur émet des ondes sonores d'une fréquence unique et dirigées vers une barrière réfléchissante.



Un microphone est déplacé sur une ligne droite entre le haut-parleur et la barrière. On détecte une séquence de maximums et de minimums d'intensité sonore, régulièrement espacés.

- (a) Expliquer comment les maximums et les minimums sont formés. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

(b) Le microphone est déplacé sur une distance de 1,0 m d'un point d'intensité minimale à un autre point d'intensité minimale. Il traverse sept points d'intensité maximale au cours de son déplacement. La vitesse du son est de  $340 \text{ m s}^{-1}$ .

(i) Calculer la longueur d'onde des ondes sonores. [2]

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

(ii) Résumer la manière dont vous pourriez utiliser ce dispositif pour déterminer la vitesse du son dans l'air. [3]

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





4. (a) Une centrale électrique brûle du gaz naturel à une vitesse de  $35 \text{ kg s}^{-1}$ . La puissance de sortie de la centrale est de  $750 \text{ MW}$  et le rendement de cette centrale est de  $38\%$ .

(i) Calculer l'énergie fournie par le gaz naturel chaque seconde. [1]

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

(ii) Calculer la densité d'énergie massique du gaz naturel. Exprimer les unités utilisées dans votre réponse. [3]

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

(b) Résumer la raison pour laquelle une grande partie de l'énergie mondiale est fournie par des combustibles fossiles. [2]

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

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



*(Suite de la question 4)*

(c) Les données suggèrent que la température de la Terre est susceptible d'augmenter si l'utilisation des combustibles fossiles n'est pas réduite au cours des prochaines années.

(i) Expliquer, en faisant référence à l'effet de serre accru, pourquoi cette augmentation de température pourrait se produire. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Résumer de quelle façon les chercheurs scientifiques continuent à tenter de résoudre le débat sur le changement climatique. [1]

.....

.....

.....

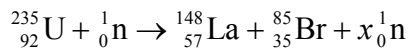
.....

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



(Suite de la question 4)

- (d) Les centrales nucléaires constituent une méthode pour produire de l'énergie sans recourir à des combustibles fossiles. Un exemple de réaction de fission nucléaire est présenté ci-dessous.



- (i) Identifier la valeur de  $x$ . [1]

.....

- (ii) Les données suivantes sont disponibles.

Masse de U-235 = 235,044 u  
Masse de n = 1,009 u  
Masse de La-148 = 148,932 u  
Masse de Br-85 = 84,910 u

Déterminer, en MeV, l'énergie libérée lorsqu'un noyau d'uranium subit une fission nucléaire dans la réaction de (d). [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



*(Suite de la question 4)*

- (iii) Résumer, en faisant référence à la vitesse des neutrons, le rôle du modérateur dans un réacteur nucléaire.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

---





# **BARÈME DE NOTATION**

## **SPÉCIMEN D'ÉPREUVE**

### **PHYSIQUE**

#### **Niveau moyen**

#### **Épreuve 2**

## Instructions générales pour la notation

### Détails de la matière : barème de notation de l'épreuve 2 de physique NM

#### Répartition des points

Les candidats doivent répondre à **TOUTES** les questions. Total maximum = **[50 points]**.

#### Exemple de format de barème de notation :

Question			Réponses	Notes	Total
4.	b	ii	le déplacement et l'accélération ✓ sont dans des directions opposées ✓	<i>Accepter la force en lieu de l'accélération.</i>	2

1. Chaque rangée dans le tableau du barème de notation se rapporte à la plus petite sous-partie de la question.
2. La note maximum pour chaque sous-partie d'une question est indiquée dans la colonne « Total ».
3. Chaque point attribué dans la colonne « Réponses » est coché au moyen du signe (✓) à la fin de la réponse.
4. Une sous-partie de question peut avoir plus de points attribués que ne le permet le total. Cela est indiqué par le terme « **max** » écrit après la note dans la colonne « Total ». La rubrique s'y rapportant sera, au besoin, résumée dans la colonne « Notes ».
5. Une autre façon d'exprimer la réponse est indiquée dans la colonne « Réponses » par une barre oblique (/). L'une ou l'autre formulation peut être acceptée.
6. Une autre réponse possible est indiquée dans la colonne « Réponses » par « **OU** » sur la ligne entre les choix. L'une ou l'autre des réponses peut être acceptée.
7. Les mots entre chevrons < > dans la colonne « Réponses » ne sont pas nécessaires pour obtenir les points.
8. Les mots soulignés sont nécessaires pour obtenir les points.

9. L'ordre des réponses possibles ne doit pas nécessairement être comme dans la colonne « Réponses », sauf indication contraire dans la colonne « Notes ».
10. Si la réponse du candidat a le même « sens » ou peut être interprétée comme ayant une signification, une information et une validité équivalant à celle dans la colonne « Réponses », allouez la note. Si ce point est considéré comme particulièrement pertinent dans une question, l'expression « *ou réponse similaire* » apparaît dans la colonne « Notes ».
11. Rappelez-vous que de nombreux candidats rédigent l'épreuve dans une langue seconde. Une communication efficace est plus importante qu'une exactitude grammaticale.
12. Parfois, une partie de la question peut exiger une réponse nécessaire pour obtenir les réponses subséquentes. Si une erreur est commise dans la première réponse, elle doit être pénalisée. Cependant, si la réponse incorrecte est utilisée correctement dans les réponses subséquentes, il faut alors allouer des points de **suivi**. Lors de la notation, indiquer cela en ajoutant l'expression « *erreur reportée* » (ER) sur la copie. La mention « ER acceptable » apparaîtra dans la colonne « Notes ».
13. Ne pénalisez **pas** les candidats pour des erreurs dans les unités ou les chiffres significatifs, **à moins** que ce soit expressément mentionné dans la colonne « Notes ».

Question		Réponses	Notes	Total
1.	a	utilisation d'une équation cinématique convenable, par exemple : $-48 = 48 - 9,81t$ ✓ 9,8 <s> ✓	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	b	$0 = 48^2 - 2a8$ donc $a = 144 \text{ <ms}^{-2}\text{ >}$ ✓ $F_{\text{net}} = 480 \times 144 \text{ <= } 6,9 \times 10^4 \text{ >}$ ✓ force moyenne $\text{<= } 6,9 \times 10^4 + 0,47 \times 10^4 \text{ >} = 7,4 \times 10^4 \text{ <N>}$ ✓		3
	c	la force de réaction est nulle ✓ car l'objet et le récipient tombent à la même vitesse ✓		2
	d i	volume = $120 \times \pi \times (3,5)^2 = 4620 \text{ m}^3$ ✓ $n = \frac{0,96 \times \text{volume}}{(8,31 \times 300)} = 1,78$ ✓ nombre de molécules = $6,02 \times 10^{23} \times n = 1,1 \times 10^{24}$ ✓		3
	d ii	<oui> car la pression est faible ✓ et la température est élevée/modérée ✓		2
	e i	distance d'arrêt <dans le polystyrène>/8 m ✓	<i>Ne pas accepter une distance non qualifiée.</i>	1
	e ii	le gradient diminue au cours du temps avant d'atteindre le polystyrène ✓ maximum plus faible ✓ la courbe doit continuer plus longtemps avant la décélération ✓ même aire totale visuellement ✓	<i>Tolérer le fait que le graphique atteigne la vitesse terminale.</i>	3 max



Question			Réponses	Notes	Total
2.	a		$V$ proportionnel à $I$ si la température/les conditions physiques sont constantes ✓		1
	b	i	utilisation de $A = \left\langle \frac{\pi d^2}{4} \right\rangle \Rightarrow 7,1 \times 10^{-6} \langle \text{m}^2 \rangle$ ✓  utilisation de $R = \frac{\rho l}{A}$ ✓  0,48 $\langle \Omega \rangle$ ✓		3
	b	ii	75 $\langle \text{W} \rangle$ ✓		1
	b	iii	collisions des électrons avec les ions du réseau ✓  perte d'énergie cinétique des électrons ✓  augmentation de l'énergie interne des ions du réseau ✓		3

Question		Réponses	Notes	Total	
3.	a	<p>l'onde sonore progressive «est réfléchi sur la barrière et» se propage dans la direction opposée à celle de l'onde incidente ✓</p> <p>mention d'interférence / de superposition ✓</p> <p>minimums créés par interférence destructive ✓</p> <p>maximums créés par interférence constructive ✓</p> <p><i>OU</i></p> <p>l'onde sonore progressive «réfléchi sur la barrière et» se propage dans la direction opposée à celle de l'onde incidente ✓</p> <p>l'onde réfléchi se superpose à l'onde incidente ✓</p> <p>forme une onde stationnaire ✓</p> <p>les maximums sont les positions des ventres, et les minimums sont les positions des nœuds ✓</p>		4	
	b	i	<p>reconnaître que 3,5 longueurs d'onde sont couvertes ✓</p> <p>0,29 &lt;m&gt; ✓</p>		2
	b	ii	<p>mesure de la position de plusieurs minimums/maximums avec une règle ✓</p> <p>utilisation des données pour déterminer la longueur d'onde moyenne ✓</p> <p>mesure de la fréquence d'ondes sonores en utilisant par exemple : un oscilloscope/ un fréquencemètre/un accordeur de guitare électronique ✓</p> <p>utilisation de <math>c = f\lambda</math> ✓</p>	<p><i>Accepter la mention de la consultation de la fréquence de l'onde ou de la lecture de la valeur sur un appareil.</i></p>	3 max

Question			Réponses	Notes	Total
4.	a	i	puissance = $\langle \frac{7,5 \times 10^8 \times 100}{38} \Rightarrow 1,97 \times 10^9 \text{ J s}^{-1} \rangle \checkmark$		1
	a	ii	$\frac{1,97 \times 10^9}{35} \checkmark$ 56 $\checkmark$ MJ kg <sup>-1</sup> $\checkmark$		3
	b		ressources abondantes à l'heure actuelle $\checkmark$ infrastructure existante $\checkmark$	Accepter les mentions de la facilité à transporter et à extraire.	2
	c	i	proportion plus élevée de gaz à effet de serre dans l'atmosphère $\checkmark$ entraînant une plus grande absorption des infrarouges par l'atmosphère $\checkmark$ et davantage d'énergie rayonnée vers le sol $\checkmark$	Accepter tous les gaz à effet de serre nommés.	3
	c	ii	meilleure modélisation <i>OU</i> plus grande collecte de données <i>OU</i> meilleure collaboration internationale $\checkmark$		1 max
	d	i	$\langle 235 + 1 - 148 - 85 \Rightarrow 3 \rangle \checkmark$		1
	d	ii	différence de masse = $\langle 148,932 + 84,910 + (2 \times 1,009) - 235,044 \rangle \checkmark$ $= 0,816 \text{ u} \checkmark$ 760 MeV $\checkmark$	Autoriser l'erreur reportée (ER) depuis (d)(i)	3
	d	iii	neutrons émis par l'uranium à grande vitesse $\checkmark$ les neutrons à grande vitesse ne causent pas de fission $\checkmark$ les neutrons entrent en collision avec les atomes modérateurs $\checkmark$ et perdent donc de l'énergie/de la vitesse avant de pénétrer à nouveau dans les barreaux de combustible $\checkmark$		3 max




**PHYSIQUE**  
**NIVEAU MOYEN**  
**ÉPREUVE 3**

Numéro de session du candidat

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

SPÉCIMEN D'ÉPREUVE

Code de l'examen

1 heure

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

## 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).
- Section A : répondez à toutes les questions.
- Section B : répondez à toutes les questions de une 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 [35 points].

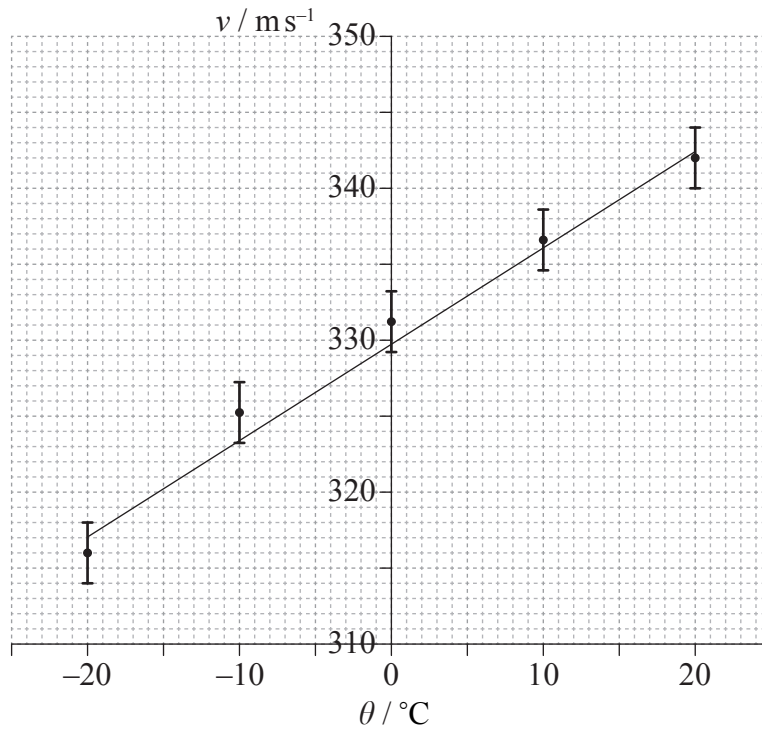
Option	Questions
Option A — Relativité	4 – 5
Option B — Physique de l'ingénieur	6 – 7
Option C — Imagerie	8 – 9
Option D — Astrophysique	10 – 11



SECTION A

Répondez à *toutes* les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

1. La vitesse du son dans l'air,  $v$ , a été mesurée à des températures proches de  $0^\circ\text{C}$ . Le graphique représente les données et la droite de meilleur ajustement. Les barres d'erreur pour la température sont trop petites pour être représentées.



Un élève suggère que la vitesse du son  $v$  est liée à la température  $\theta$  en degrés Celsius par l'équation

$$v = a + b\theta$$

où  $a$  et  $b$  sont des constantes.

- (a) (i) Déterminer la valeur de la constante  $a$  à deux chiffres significatifs près. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

(ii) Estimer l'incertitude absolue sur  $b$ . [3]

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

(iii) Un élève calcule que  $b = 0,593 \text{ ms}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Exprimer, en utilisant votre réponse à la question (a)(ii), la valeur de  $b$  avec le nombre correct de chiffres significatifs. [1]

.....

(b) (i) Estimer la température à laquelle la vitesse du son est nulle. [1]

.....  
.....

(ii) Expliquer, en faisant référence à votre réponse à la question (b)(i), pourquoi la suggestion de l'élève n'est pas valable. [2]

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



2. Une élève utilise un minuteur électronique pour tenter d'estimer l'accélération de chute libre  $g$ . Elle mesure le temps  $t$  que met une petite boule en métal pour tomber d'une hauteur  $h$  de 0,50m. L'incertitude exprimée sous forme de pourcentage sur la mesure du temps est de 0,3% et celle sur la hauteur est de 0,6%.

(a) En utilisant  $h = \frac{1}{2}gt^2$ , calculer l'incertitude attendue sous forme de pourcentage sur la valeur de  $g$ . [1]

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

(b) Exprimer et expliquer comment l'élève pourrait obtenir une valeur de  $g$  plus fiable. [3]

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





3. Dans une expérience destinée à mesurer la capacité calorifique massique d'un métal, un morceau de métal est placé dans un récipient d'eau bouillante à 100°C. Le métal est ensuite transféré dans un calorimètre contenant de l'eau à la température de 10°C. On mesure la température d'équilibre finale de l'eau. Une source d'erreur dans cette expérience est le fait qu'une faible masse d'eau bouillante est introduite dans le calorimètre en même temps que le métal.

(a) Suggérer quel est l'effet de l'erreur sur la valeur mesurée de la capacité calorifique massique du métal. [2]

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

(b) Exprimer **une** autre source d'erreur pour cette expérience. [1]

.....  
.....



**SECTION B**

Répondez à *toutes* les questions de *une* des options. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

**Option A — Relativité**

4. (a) Einstein a découvert une contradiction, en lien avec la vitesse de la lumière, entre les équations de Maxwell de l'électromagnétisme et la mécanique newtonienne. Résumer cette contradiction ainsi que la manière dont Einstein l'a résolue. [2]

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

*(L'option A continue sur la page suivante)*



(Option A, suite de la question 4)

- (b) Un proton pénètre dans une région de champ magnétique uniforme dirigé vers le plan de la feuille, comme indiqué.



Le référentiel S est au repos par rapport au champ magnétique. La vitesse du proton mesurée dans S est notée  $v$ .

- (i) Exprimer la nature de la force exercée sur le proton d'après un observateur dans S. [1]

.....

- (ii)  $S'$  est un référentiel dans lequel le proton est au repos. Exprimer et expliquer si une force s'exerce sur le proton d'après un observateur dans  $S'$ . [2]

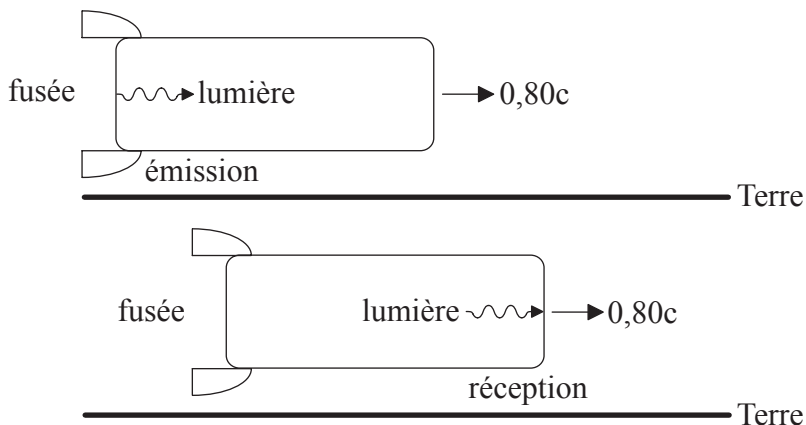
.....  
.....  
.....  
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

5. Une fusée d'une longueur propre de 900 m se déplace à la vitesse  $0,80c$  par rapport à la Terre. E est un référentiel dans lequel la Terre est au repos. R est un référentiel dans lequel la fusée est au repos. Le schéma est représenté du point de vue de E.



- (a) Un signal lumineux est émis à l'arrière de la fusée et reçu à l'avant de la fusée.

Déterminer

- (i) l'intervalle de temps entre l'émission et la réception du signal lumineux d'après un observateur en R. [1]

.....  
.....

- (ii) l'intervalle de temps entre l'émission et la réception du signal lumineux d'après un observateur en E. [3]

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

(L'option A continue sur la page suivante)



*(Option A, suite de la question 5)*

(iii) la distance séparant l'émission et la réception du signal lumineux d'après un observateur en E. [1]

.....

.....

.....

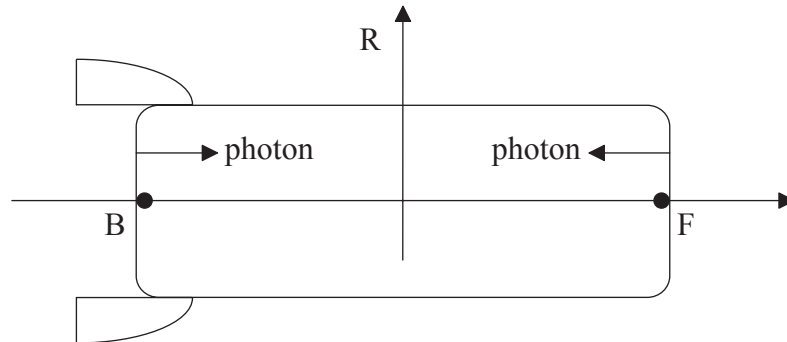
.....

*(L'option A continue sur la page suivante)*



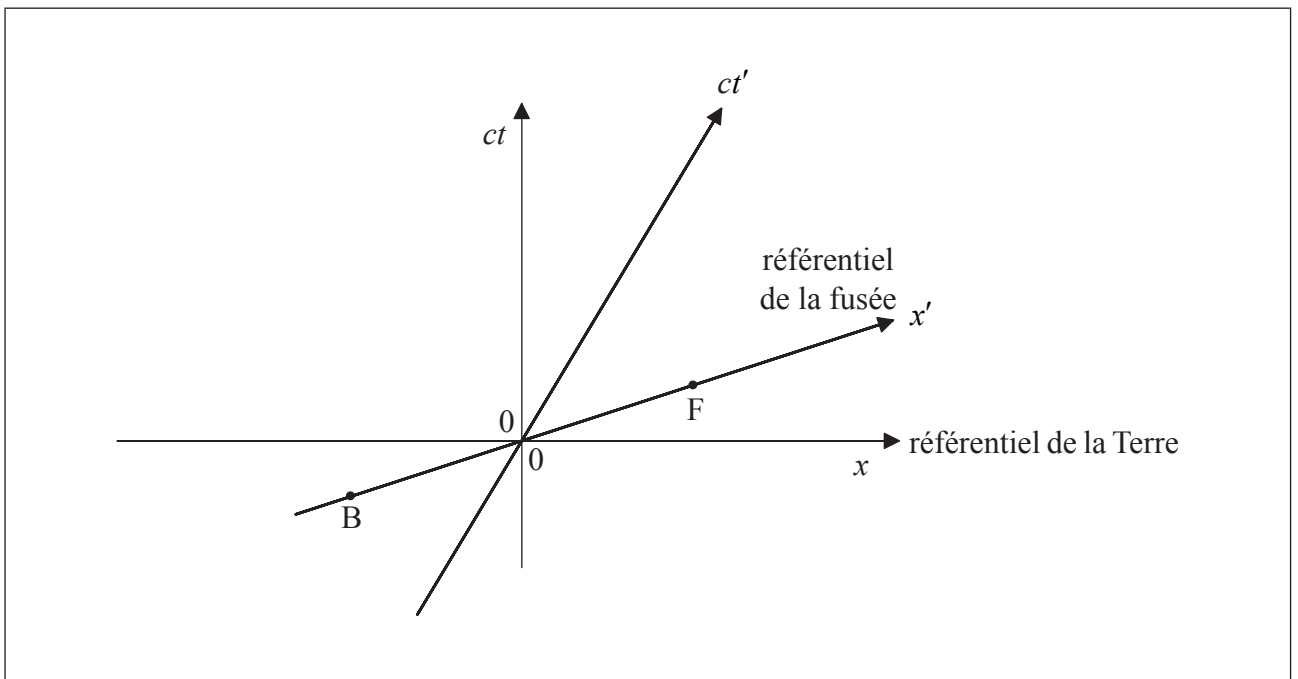
(Option A, suite de la question 5)

- (b) Un photon est émis à l'arrière B de la fusée et un autre photon est émis à l'avant F de la fusée (voir le schéma ci-dessous).



Les émissions sont simultanées d'après des observateurs en R. Les photons sont reçus par un observateur au repos au milieu de la fusée.

Le diagramme espace-temps représente le référentiel E de la Terre et le référentiel R de la fusée. Les coordonnées dans le référentiel E sont  $x$  et  $ct$ , et dans le référentiel R ces coordonnées sont  $x'$  et  $ct'$ . Les positions de l'arrière B et de l'avant F de la fusée à l'instant  $t' = 0$  sont indiquées. L'origine des axes correspond au milieu de la fusée.



- (i) Sur le diagramme espace-temps, dessiner des segments de droite pour montrer les lignes d'univers des photons depuis leur émission jusqu'à leur réception. [3]

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 5)

- (ii) En utilisant le diagramme espace-temps, déterminer quel photon a été émis en premier d'après des observateurs en E. [2]

.....  
.....

- (iii) Déterminer la durée séparant les émissions des deux photons d'après des observateurs en E. [2]

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

- (c) Un missile est lancé depuis la fusée. La vitesse du missile est de  $-0,62c$  par rapport à la fusée. Calculer la vitesse de la fusée par rapport à la Terre. [3]

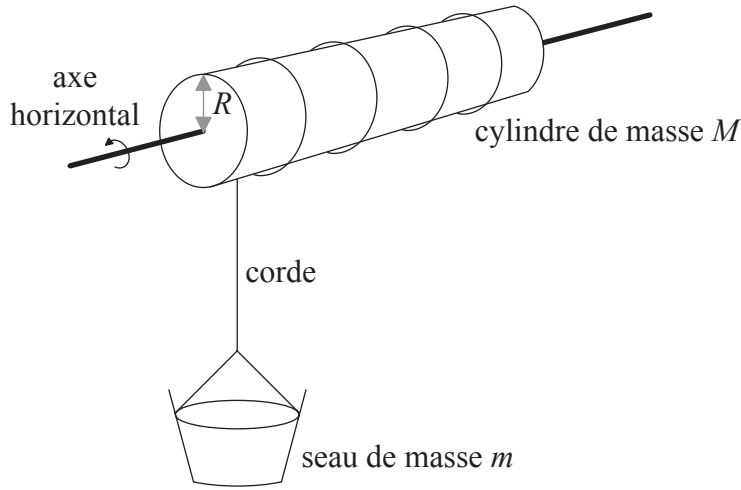
.....  
.....  
.....  
.....

**Fin de l'option A**



**Option B — Physique de l'ingénieur**

6. Un seau de masse  $m$  est suspendu au-dessus d'un puits d'eau par une corde de masse négligeable, comme indiqué sur le schéma. La corde est enroulée autour d'un cylindre de masse  $M$  et de rayon  $R$ . Le moment d'inertie du cylindre par rapport à son axe est  $I = \frac{1}{2}MR^2$ .



Le seau, initialement au repos, est lâché. Les forces de résistance peuvent être ignorées.

- (a) Montrer que l'accélération  $a$  du seau est donnée par l'équation suivante.

$$a = \frac{mg}{m + \frac{M}{2}} \quad [4]$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*(L'option B continue sur la page suivante)*





(Option B, suite de la question 6)

(b) Les données suivantes sont disponibles.

- Masse du seau  $m$  = 24 kg
- Masse du cylindre  $M$  = 36 kg
- Rayon  $R$  = 0,20 m

(i) Calculer la vitesse du seau après avoir chuté d'une hauteur de 16 m depuis sa position de repos. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Calculer la dérivée par rapport au temps du moment cinétique du cylindre. [3]

.....

.....

.....

.....

(c) Le seau en (b) est rempli d'eau de façon à ce que sa masse totale soit désormais de 45 kg. Le seau est élevé à une vitesse constante de  $2,0 \text{ m s}^{-1}$  au moyen d'un moteur électrique fixé au cylindre. Calculer la puissance de sortie du moteur. [1]

.....

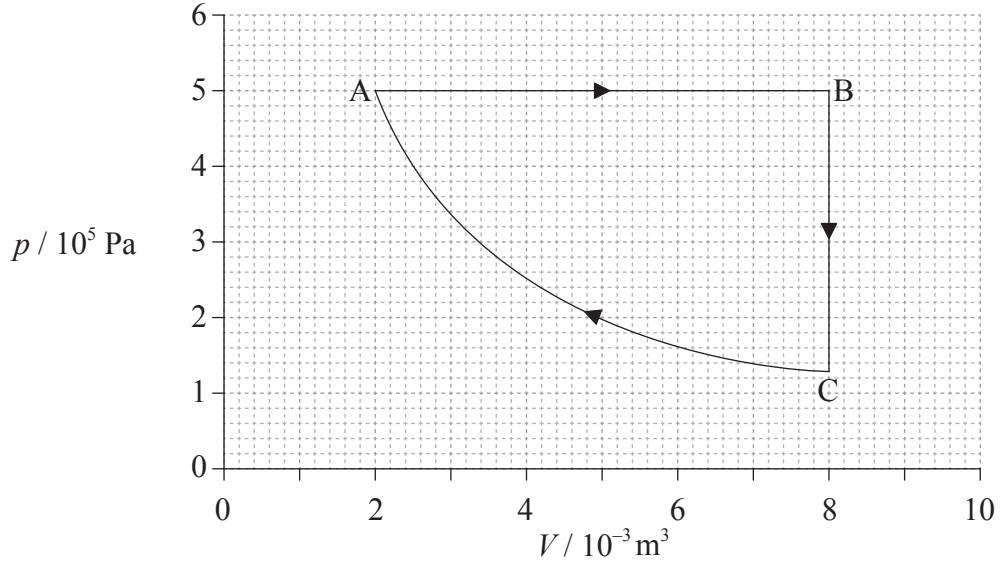
.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Suite de l'option B)

- 7. Le diagramme pression-volume ( $pV$ ) représente un cycle ABCA d'un moteur thermique. La matière qui subit les transformations est une masse constante d'un gaz parfait.



La température du gaz en A est de 400 K.

- (a) Calculer la température maximale du gaz pendant le cycle. [1]

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 7)

(b) Pour la détente isobare AB, calculer

(i) le travail effectué par le gaz. [2]

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

(ii) le changement d'énergie interne du gaz. [1]

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

(iii) l'énergie thermique transférée au gaz. [1]

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

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 7)

- (c) Le travail effectué sur le gaz pendant la compression isotherme est de 1390J. Déterminer le changement d'entropie du gaz pour cette compression. [2]

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

- (d) Déterminer le rendement du cycle ABCA. [2]

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

- (e) Exprimer si le rendement d'une machine de Carnot fonctionnant entre les mêmes températures que celles du cycle ABCA à la page 14 serait supérieur, égal **ou** inférieur au rendement de (d). [1]

.....

**Fin de l'option B**



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

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.

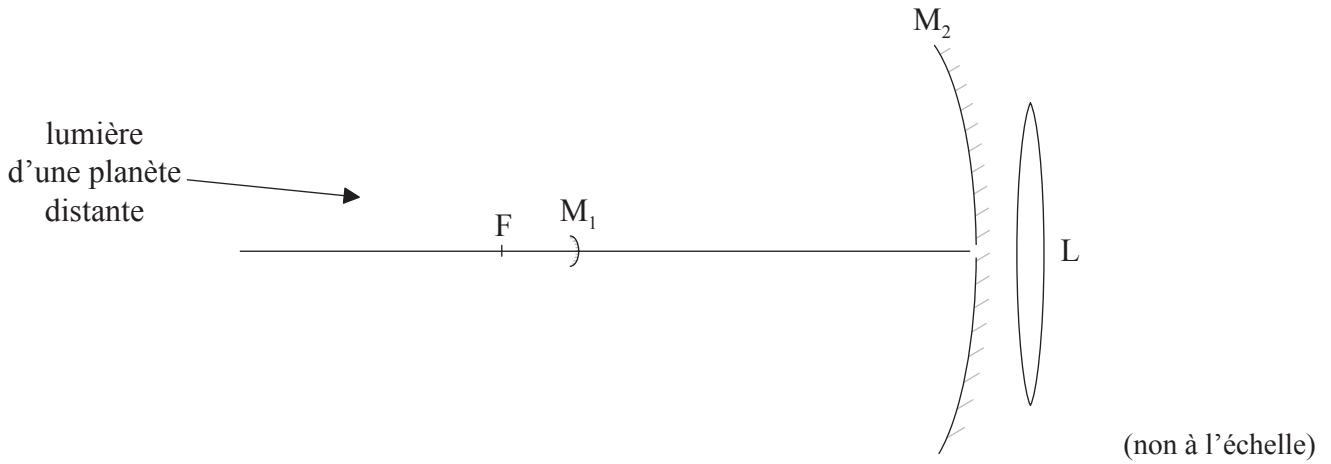


28EP17

**Tournez la page**

**Option C — Imagerie**

8. (a) Le schéma représente un télescope réflecteur de type Cassegrain constitué d'un petit miroir divergent  $M_1$ , d'un grand miroir convergent  $M_2$  et d'une lentille convergente  $L$ . Le point focal de  $M_2$  est en  $F$ .



Ce télescope est utilisé pour observer une planète. Le diamètre de la planète sous-tend un angle de  $1,40 \times 10^{-4}$  rad sur  $M_2$ . La distance focale de  $M_2$  est de 9,50 m.

- (i) Montrer que le diamètre de l'image de la planète qui serait formée par  $M_2$  seul est de 1,33 mm. [3]

.....

.....

.....

.....

*(L'option C continue sur la page suivante)*



(Option C, suite de la question 8)

- (ii)  $M_1$  est placé à une distance de 8,57 m de l'ouverture de  $M_2$ . L'image en (a)(i) sert à présent d'objet virtuel pour  $M_1$ . Une image réelle est formée au niveau de l'ouverture de  $M_2$ . Montrer que le diamètre de cette image est de 12,0 mm. [3]

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

- (iii) L'image réelle en (a)(ii) est désormais observée à travers une lentille L de distance focale 98,0 mm. L'image finale de la planète est formée à l'infini. Calculer le grossissement global du télescope. [3]

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

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 8)

- (b) (i) Le grand miroir concave de la plupart des télescopes réflecteurs est parabolique plutôt que sphérique. Suggérer **une** raison pour cela. [1]

.....  
.....

- (ii) Exprimer **un** avantage des télescopes réflecteurs par rapport aux télescopes réfracteurs. [1]

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

- (c) En plus des télescopes optiques, il existe aussi des télescopes dans les domaines infrarouge, radio, ultraviolet et des rayons X. Résumer la manière dont l'invention de ces télescopes a changé notre vision de l'univers. [2]

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

(L'option C continue sur la page suivante)





(Suite de l'option C)

9. (a) Un microscope composé comporte un objectif d'une distance focale de 0,40 cm et un oculaire d'une distance focale de 3,20 cm. L'image formée par l'objectif est à 0,20 m de l'objectif. L'image finale est formée à une distance de 25 cm de l'oculaire.

(i) Montrer que l'objet est placé à  $4,1 \times 10^{-3}$  m de l'objectif. [1]

.....  
.....

(ii) Déterminer le grossissement angulaire du microscope. [2]

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

(iii) La plus petite distance entre deux points pouvant être distingués par un œil humain non assisté à une distance de 25 cm est d'environ 0,1 mm. Calculer la plus petite distance entre deux points pouvant être distingués au moyen de ce microscope. [1]

.....  
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



*(Option C, suite de la question 9)*

- (b) Les images du microscope sont numérisées puis transmises par une fibre optique. La puissance d'entrée du signal est de 120 mW et l'atténuation par unité de longueur de la fibre optique est de  $6,2 \text{ dB km}^{-1}$ . La longueur de la fibre est de 4,6 km. Calculer la puissance de sortie du signal. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Fin de l'option C**



**Option D — Astrophysique**

10. (a) Exprimer l'élément qui est le produit final des réactions nucléaires ayant lieu dans les étoiles de la séquence principale. [1]

.....

- (b) Une étoile de la séquence principale a une luminosité apparente de  $7,6 \times 10^{-14} \text{ W m}^{-2}$  et une luminosité de  $3,8 \times 10^{27} \text{ W}$ .

- (i) Calculer, en pc, la distance entre cette étoile et la Terre. [3]

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

- (ii) Suggérer le caractère approprié ou non de la méthode de la parallaxe stellaire pour mesurer la distance à cette étoile. [1]

.....  
.....

- (iii) La luminosité de l'étoile en (b) est dix fois supérieure à la luminosité de notre Soleil.

Déterminer le rapport  $\frac{M}{M_{\odot}}$  où  $M_{\odot}$  est la masse du Soleil. [2]

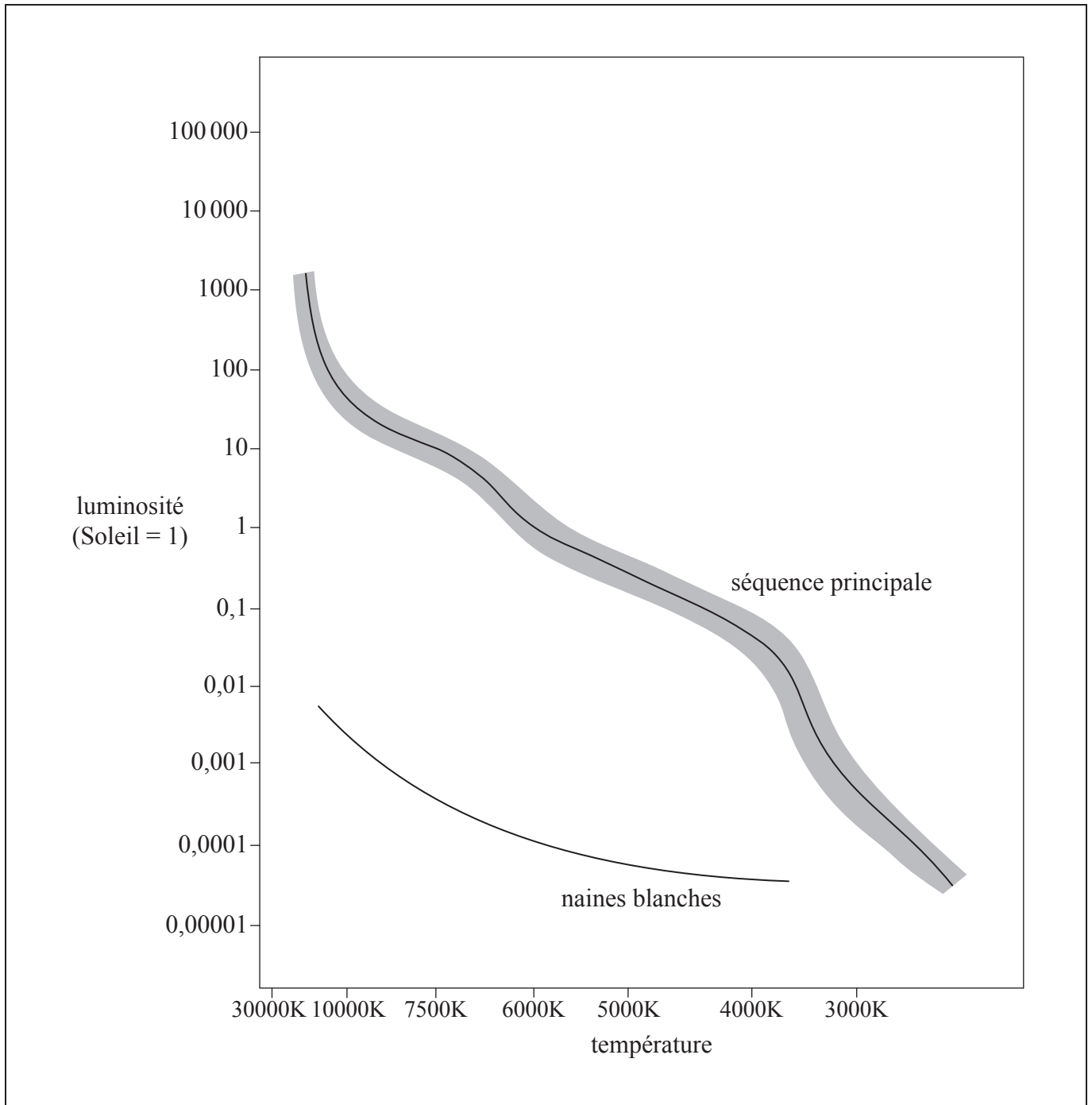
.....  
.....  
.....  
.....

*(L'option D continue sur la page suivante)*



(Option D, suite de la question 10)

(c) L'image présente un diagramme de Hertzsprung–Russell (HR).



(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 10)

- (i) Estimer, en utilisant le diagramme HR, le rapport  $\frac{R}{R_{\odot}}$  où  $R$  est le rayon de l'étoile en (b) et  $R_{\odot}$  est le rayon du Soleil. [3]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Représenter un segment de droite sur le diagramme HR pour montrer le parcours évolutif de cette étoile. [2]

- (iii) Décrire, en faisant référence à la limite de Chandrasekhar, l'état d'équilibre de cette étoile dans l'étape finale de son évolution. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



*(Suite de l'option D)*

11. (a) Le spectre d'hydrogène d'une source de laboratoire comporte une raie de longueur d'onde 434 nm. La même raie émise d'une galaxie distante a une longueur d'onde de 502 nm lorsqu'on l'observe depuis la Terre.

(i) Suggérer une raison pour laquelle ces deux longueurs d'ondes sont différentes. [1]

.....  
.....

(ii) Déterminer la distance, en Mpc, de cette galaxie à la Terre en utilisant une constante de Hubble de  $71 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ . [2]

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

*(L'option D continue sur la page suivante)*



(Option D, suite de la question 11)

(b) Dans les années 1990, deux groupes de recherche ont entrepris des projets mettant en jeu l'observation de supernovae lointaines. Ils avaient pour but de montrer que les galaxies lointaines ralentissaient.

(i) Suggérer une raison pour laquelle on s'attendait à ce que les galaxies lointaines ralentissent. [1]

.....  
.....

(ii) Décrire comment il a été déduit que l'univers se dilatait à une vitesse de plus en plus rapide. [2]

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

**Fin de l'option D**



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

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



28EP28





# **BARÈME DE NOTATION**

## **SPÉCIMEN D'ÉPREUVE**

### **PHYSIQUE**

#### **Niveau moyen**

#### **Épreuve 3**

## Instructions générales pour la notation

### Détails de la matière : barème de notation de l'épreuve 3 de physique NM

#### Répartition des points

Les candidats doivent répondre à **TOUTES** les questions de la section A [**15 points**] et à toutes les questions d'**UNE** des options de la section B [**20 points**]. Total maximum = [**35 points**].

#### Exemple de format de barème de notation :

Question			Réponses	Notes	Total
4.	b	ii	le déplacement et l'accélération ✓ sont dans des directions opposées ✓	<i>Accepter la force en lieu de l'accélération.</i>	2

1. Chaque rangée dans le tableau du barème de notation se rapporte à la plus petite sous-partie de la question.
2. La note maximum pour chaque sous-partie d'une question est indiquée dans la colonne « Total ».
3. Chaque point attribué dans la colonne « Réponses » est coché au moyen du signe (✓) à la fin de la réponse.
4. Une sous-partie de question peut avoir plus de points attribués que ne le permet le total. Cela est indiqué par le terme « **max** » écrit après la note dans la colonne « Total ». La rubrique s'y rapportant sera, au besoin, résumée dans la colonne « Notes ».
5. Une autre façon d'exprimer la réponse est indiquée dans la colonne « Réponses » par une barre oblique (/). L'une ou l'autre formulation peut être acceptée.
6. Une autre réponse possible est indiquée dans la colonne « Réponses » par « **OU** » sur la ligne entre les choix. L'une ou l'autre des réponses peut être acceptée.
7. Les mots entre chevrons < > dans la colonne « Réponses » ne sont pas nécessaires pour obtenir les points.
8. Les mots soulignés sont nécessaires pour obtenir les points.

9. L'ordre des réponses possibles ne doit pas nécessairement être comme dans la colonne « Réponses », sauf indication contraire dans la colonne « Notes ».
10. Si la réponse du candidat a le même « sens » ou peut être interprétée comme ayant une signification, une information et une validité équivalant à celle dans la colonne « Réponses », allouez la note. Si ce point est considéré comme particulièrement pertinent dans une question, l'expression « *ou réponse similaire* » apparaît dans la colonne « Notes ».
11. Rappelez-vous que de nombreux candidats rédigent l'épreuve dans une langue seconde. Une communication efficace est plus importante qu'une exactitude grammaticale.
12. Parfois, une partie de la question peut exiger une réponse nécessaire pour obtenir les réponses subséquentes. Si une erreur est commise dans la première réponse, elle doit être pénalisée. Cependant, si la réponse incorrecte est utilisée correctement dans les réponses subséquentes, il faut alors allouer des points de **suivi**. Lors de la notation, indiquer cela en ajoutant l'expression « *erreur reportée* » (ER) sur la copie. La mention « ER acceptable » apparaîtra dans la colonne « Notes ».
13. Ne pénalisez **pas** les candidats pour des erreurs dans les unités ou les chiffres significatifs, **à moins** que ce soit expressément mentionné dans la colonne « Notes ».

SECTION A

Question			Réponses	Notes	Total
1.	a	i	$a = 330 \langle \text{ms}^{-1} \rangle \checkmark$		1
	a	ii	$b_{\max} = \langle \frac{344 - 316}{40} \rangle = \langle 0,70 \rangle \langle \text{ms}^{-1} \text{°C}^{-1} \rangle \checkmark$ $b_{\min} = \langle \frac{340 - 318}{40} \rangle = \langle 0,55 \rangle \langle \text{ms}^{-1} \text{°C}^{-1} \rangle \checkmark$ $\Delta b = \langle \frac{0,70 - 0,55}{2} \rangle = \langle 0,075 \rangle \approx \langle 0,08 \rangle \langle \text{ms}^{-1} \text{°C}^{-1} \rangle \checkmark$		3
	a	iii	$b = 0,59 (\pm 0,08) \langle \text{ms}^{-1} \text{°C}^{-1} \rangle \checkmark$	<i>Accepter 0,593 (<math>\pm 0,075</math>).</i>	1
	b	i	$\theta = \langle \frac{-330}{0,6} \rangle = \langle -550 \rangle \langle \text{°C} \rangle \checkmark$		1
	b	ii	cette température est dénuée de sens physique <i><b>OU</b></i> il n'y a pas de température inférieure à $-273\text{°C}$ <i><b>OU</b></i> cette température ne peut être correcte $\checkmark$ il semble que le modèle de meilleur ajustement linéaire ne puisse être extrapolé loin de $0\text{°C}$ $\checkmark$		2

Question		Réponses	Notes	Total
2.	a	l'incertitude estimée sur $g$ sous forme de pourcentage $\langle \text{est de } 2 \times 0,3 + 0,6 \rangle = 1\%$ ✓	<i>Accepter 1,2 %.</i>	1
	b	utiliser plus qu'une hauteur ✓ obtenir $g$ à partir d'un graphique convenable $\langle \text{de la hauteur } h \text{ versus } t^2 \rangle$ ✓ $g$ est le double de la pente ✓  <b>OU</b>  utiliser une plus petite boule $\langle \text{pour réduire la résistance de l'air} \rangle$ ✓ utiliser une hauteur $\langle \text{beaucoup} \rangle$ plus grande ✓ répéter l'expérience de nombreuses fois $\langle \text{pour moyenner le temps} \rangle$ ✓	<i>Accepter <math>h</math> versus <math>t^2</math> ou <math>\sqrt{h}</math> versus <math>t</math> ou <math>\log h</math> <math>\log t</math> .</i> <i>L'analyse de <math>g</math> doit correspondre au graphique présenté.</i>	3
3.	a	la capacité calorifique massique réelle sera inférieure à la valeur calculée ✓ davantage d'énergie thermique est transférée au calorimètre et à son contenu que ce qui est pris en compte ✓	<i>Ne pas accepter les réponses non élaborées.</i>	2
	b	le métal peut ne pas avoir été chauffé uniformément <b>OU</b> le métal peut ne pas être entièrement à $100^\circ\text{C}$ ✓ de l'énergie a été cédée à l'air pendant le transfert ✓ de l'énergie peut avoir été cédée à l'air par le calorimètre ✓ l'eau peut ne pas être à une température uniforme ✓		1 max

SECTION B

Option A — Relativité

Question		Réponses	Notes	Total
4.	a	<p>les équations de Maxwell impliquaient une vitesse de la lumière indépendante de sa source  <i>OU</i>                      en mécanique newtonienne, la vitesse de la lumière dépend de la vitesse de la source ✓</p> <p>Einstein se fiait aux équations de Maxwell  <i>OU</i>                      Einstein a modifié la mécanique newtonienne ✓</p>		2
	b	i	magnétique ✓	1
	b	ii	<p>si une force existe dans un référentiel &lt;inertiel&gt;, une force doit exister dans tout autre référentiel &lt;inertiel&gt; ✓</p> <p>ne peut être magnétique car le proton est au repos dans <math>S'</math> ✓</p>	<p><i>Accepter une discussion en termes d'accélération de manière équivalente à une force.</i>  <i>Accepter une réponse en termes de champ électrique.</i></p> <p>2</p>

5.	a	i	$\langle \frac{900}{c} \Rightarrow 3,0 \times 10^{-6} \langle s \rangle \checkmark$	1
	a	ii	$\gamma = \langle \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,64}} \Rightarrow \frac{5}{3} \approx 1,67 \checkmark$ $\Delta t = \langle \gamma \left[ \Delta t' + \frac{v \Delta x'}{c^2} \right] \Rightarrow \frac{5}{3} \left[ 3,0 \times 10^{-6} + \frac{0,80c \times 900}{c^2} \right] \checkmark$ $= 9,0 \times 10^{-6} \langle s \rangle \checkmark$	3

(continue ...)

(Suite de la question 5)

Question		Réponses	Notes	Total
a	iii	$\Delta x = \langle ct = 3,0 \times 10^8 \times 9,0 \times 10^{-6} \Rightarrow 2700 \langle m \rangle$ <p><i>OU</i></p> $\Delta x = \langle \gamma [\Delta x' + v \Delta t'] \rangle = \frac{5}{3} \left[ 900 + 0,80c \times \frac{900}{c} \right] \Rightarrow 2700 \langle m \rangle \checkmark$		1
b	i	<p>points de départ en B et F <math>\checkmark</math></p> <p>se terminent sur le même point de l'axe <math>ct'</math> <math>\checkmark</math></p> <p>pente correcte à 45° degrés <math>\checkmark</math></p>	<i>Juger visuellement.</i>	3

(continue ...)

(Suite de la question 5)

Question		Réponses	Notes	Total
b	ii	<p>segments parallèles à l'axe <math>x</math> et passant par B et F ✓ pour constater que B s'est produit en premier ✓</p>		2
b	iii	$\Delta t = \gamma \left[ \Delta t' + \frac{v \Delta x'}{c^2} \right] \Rightarrow \frac{5}{3} \left[ 0 + \frac{0,80c \times [900]}{c^2} \right] \checkmark$ $\Delta t = 4,0 \times 10^{-6} \text{ <s> } \checkmark$		2
c		résolution en u ✓ substitution correcte ✓ réponse correcte de $0,36c$ ✓		3



Option B — Physique de l'ingénieur

Question		Réponses	Notes	Total	
6.	a	$\alpha = \frac{a}{R} \checkmark$ $T \times R = \frac{1}{2} MR^2 \frac{a}{R} \checkmark$ $mg - T = ma \checkmark$ <p>⟨ajouter les équations/éliminer la tension⟩ pour obtenir <math>mg = ma + \frac{1}{2} Ma \checkmark</math></p>		4	
	b	i	$a = \left\langle \frac{24 \times 9,8}{24 + \frac{36}{2}} \right\rangle \Rightarrow 5,6 \langle \text{ms}^{-2} \rangle \checkmark$ $v = \left\langle \sqrt{2as} = \sqrt{2 \times 5,6 \times 16} \right\rangle \Rightarrow 13,4 \approx 13 \langle \text{ms}^{-1} \rangle \checkmark$ <p><b>OU</b></p> $mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I^2 \omega^2$ <p><b>OU</b></p> $mgh = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} I \frac{v^2}{R^2} \checkmark$ $v = \left\langle \sqrt{\frac{2 \times 24 \times 9,8 \times 16}{24 + 18}} \right\rangle \Rightarrow 13,4 \approx 13 \langle \text{ms}^{-1} \rangle \checkmark$	Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.	2

(continue ...)

(Suite de la question 6)

Question		Réponses	Notes	Total
b	ii	<p>la dérivée par rapport au temps de <math>L</math> est <math>I\alpha = I \frac{a}{R}</math> ✓</p> $\langle \frac{1}{2} MR^2 \frac{a}{R} \Rightarrow \frac{1}{2} \times 36 \times 0,20 \times \frac{24 \times 9,8}{24 + \frac{36}{2}} \rangle$ <p>= 20,2 ≈ 20 &lt;Nm&gt; ✓</p> <p><b>OU</b></p> <p>la dérivée par rapport au temps de <math>L</math> est <math>\Gamma</math> &lt;le couple sur l'axe&gt; ✓</p> $\Gamma = TR = \frac{1}{2} \times 36 \times \frac{24 \times 9,8}{24 + \frac{36}{2}} \times 0,20$ <p>= 20,2 ≈ 20 &lt;Nm&gt; ✓</p>	<p>Accorder [3] pour une réponse correcte non élaborée.</p>	3
c		<p><math>\langle P = 45 \times 9,8 \times 2,0 \Rightarrow 882 \approx 880 \langle W \rangle \rangle</math> ✓</p>		1

Question		Réponses	Notes	Total	
7.	a	$\langle \text{le maximum est en B, d'ou } T_B = 400 \times \frac{8}{2} \Rightarrow 1600 \langle K \rangle \checkmark$		1	
	b	i	$W = \langle p\Delta V \Rightarrow 5,0 \times 10^5 \times [8,0 - 2,0] \times 10^{-3} \checkmark$ $W = 3,0 \times 10^3 \langle J \rangle \checkmark$	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	b	ii	$\Delta U = \langle \frac{3}{2} p\Delta V = \frac{3}{2} \times 3,0 \times 10^3 \Rightarrow 4,5 \times 10^3 \langle J \rangle \checkmark$	<i>Accorder [1] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	1
	b	iii	$Q = \langle \Delta U + W = 3,0 \times 10^3 + 4,5 \times 10^3 \Rightarrow 7,5 \times 10^3 \langle J \rangle \checkmark$	<i>Accorder [1] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	1
	c		$\Delta S = \frac{Q}{T} = -\frac{1390}{400} \checkmark$ $\Delta S = -3,48 \approx -3,5 \langle JK^{-1} \rangle \checkmark$	<i>Accorder au [1 max] pour un signe moins oublié.                      Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	d		$e = \frac{3000 - 1390}{7500} \checkmark$ $e = 0,21 \checkmark$	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	e		supérieur $\checkmark$		1

Option C — Imagerie

Question			Réponses	Notes	Total
8.	a	i	l'image se formerait au point focal du miroir concave <i>OU</i> à une distance de 9,50 m du centre du miroir concave <car la distance à l'objet est très grande> ✓  $\langle - \rangle \frac{9,50}{u} = \frac{D_i}{D_o}$ ✓  $D_i = 9,50 \times \frac{D_o}{u} = 9,50 \times \theta = 9,50 \times 1,40 \times 10^{-4}$ ✓ $= 0,00133 \langle \text{m} \rangle$		3
	a	ii	la distance à l'objet est $-[9,50 - 8,57] = -0,93 \langle \text{m} \rangle$ ✓  donc le grossissement est $\frac{8,57}{0,93} = 9,215$ ✓  le diamètre de cette image est donc $9,215 \times 0,00133 = 0,012256 \langle \text{m} \rangle$ ✓	<i>Ignorer le signe.</i>	3
	a	iii	angle : $\frac{12,3 \langle \text{mm} \rangle}{98,0 \langle \text{mm} \rangle} = 0,126 \langle \text{rad} \rangle$ ✓  grossissement : $\frac{0,126}{1,40 \times 10^{-4}}$ ✓ $= 900$ ✓		3

(continue ...)

(Suite de la question 8)

Question			Réponses	Notes	Total
	<b>b</b>	<b>i</b>	avec des miroirs paraboliques, le problème des aberrations sphériques est éliminé ✓		<b>1</b>
	<b>b</b>	<b>ii</b>	pas d'aberrations chromatiques ✓ il est plus facile/économique de produire de grands miroirs que de grandes lentilles ✓ plus faciles à monter, ce qui permet de produire de grandes tailles ✓ moins d'absorption dans le verre ✓		<b>1 max</b>
	<b>c</b>		de multiples sources de rayonnement électromagnétique autres que la lumière visible ont été découvertes <b>OU</b> une comparaison d'images optiques et non optiques peut être effectuée ✓ ce qui permet d'améliorer de façon considérable notre compréhension de ce qui existe dans l'univers ✓		<b>2</b>

<b>9.</b>	<b>a</b>	<b>i</b>	$\frac{1}{u} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} = \frac{1}{0,40 \times 10^{-2}} - \frac{1}{20 \times 10^{-2}} \quad \checkmark$		<b>1</b>
	<b>a</b>	<b>ii</b>	$M = \left\langle -\frac{v}{u} \times \frac{D}{f_e} \right\rangle = -\frac{0,20}{4,1 \times 10^{-3}} \times \frac{0,25}{3,2 \times 10^{-2}} \quad \checkmark$ $M = 382,8 \approx 380 \quad \checkmark$		<b>2</b>
	<b>a</b>	<b>iii</b>	$\frac{0,1 \langle \text{mm} \rangle}{380} \approx 260 \langle \text{nm} \rangle \quad \checkmark$		<b>1</b>
	<b>b</b>		atténuation = $\langle 4,6 \times 6,2 \Rightarrow \rangle 28,5 \langle \text{dB} \rangle \quad \checkmark$ $p = 120 \times 10^{-2,85} \quad \checkmark$ puissance = $0,17 \langle \text{mW} \rangle \quad \checkmark$		<b>3</b>

**Option D — Astrophysique**

Question			Réponses	Notes	Total
10.	a		hélium ✓		1
	b	i	$d = \sqrt{\frac{3,8 \times 10^{27}}{4\pi \times 7,6 \times 10^{-14}}} \checkmark$ $d = 6,3 \times 10^{19} \text{ <m> } \checkmark$ $d = 2000 \text{ <pc> } \checkmark$	<i>Accorder [3] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	3
	b	ii	non, la distance est trop importante pour que l'angle de parallaxe soit mesuré précisément, <même depuis un télescope en orbite> ✓		1
	b	iii	$\left[ \frac{M}{M_{\odot}} \right]^{3,5} = 10 \checkmark$ $\frac{M}{M_{\odot}} = \langle 10^{\frac{1}{3,5}} \rangle 1,93 \approx 2 \checkmark$	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	2
	c	i	estimations des températures de 7500 ( $\pm 200$ )<K> pour l'étoile et de 6000<K> pour le Soleil ✓ $10 = \frac{\sigma 4\pi R^2 7500^4}{\sigma 4\pi R_{\odot}^2 6000^4} \checkmark$ $\frac{R}{R_{\odot}} \approx 2 \checkmark$	<i>Accepter les réponses dans l'intervalle 1,9 à 2,1.</i>	3
	c	ii	segment de droite débutant à la position correcte [ $T = 7500 \text{ K}, L = 10$ ] est passant par les géantes rouges ✓ puis se terminant sur les naines blanches ✓		2

(continue ...)

(Suite de la question 10)

Question			Réponses	Notes	Total
	<b>c</b>	<b>iii</b>	équilibre entre la pression gravitationnelle et la pression de dégénérescence des électrons ✓ à condition que la masse finale soit inférieure à la limite de Chandrasekhar/inférieure à $1,4 M_{\odot}$ ✓		<b>2</b>

<b>11.</b>	<b>a</b>	<b>i</b>	l'univers est en expansion, donc les longueurs d'ondes <comme toutes les distances> sont dilatées <b>OU</b> la longueur d'onde augmente, ce qui signifie que le décalage Doppler vers le rouge est observé ✓	<i>Le décalage vers le rouge doit être mentionné dans la réponse alternative.</i>	<b>1</b>
	<b>a</b>	<b>ii</b>	$\langle z = \frac{v}{c} \Rightarrow \rangle v = 0,157 \times 3,0 \times 10^8 = 4,7 \times 10^4 \langle \text{km s}^{-1} \rangle$ ✓  $d = \langle \frac{v}{H} = \frac{4,7 \times 10^4}{71} \Rightarrow \rangle 660 \langle \text{Mpc} \rangle$ ✓	<i>Accorder [2] pour une réponse correcte non élaborée.</i>	<b>2</b>
	<b>b</b>	<b>i</b>	la gravité retient les galaxies ✓		<b>1</b>
	<b>b</b>	<b>ii</b>	les supernovas lointaines apparaissent moins lumineuses que ce à quoi on s'attendait ✓ ce qui indique qu'elles étaient plus loin que la distance attendue ✓		<b>2</b>