

© International Baccalaureate Organization 2025

All rights reserved. No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without the prior written permission from the IB. Additionally, the license tied with this product prohibits use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, whether fee-covered or not, is prohibited and is a criminal offense.

More information on how to request written permission in the form of a license can be obtained from <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organisation du Baccalauréat International 2025

Tous droits réservés. Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite préalable de l'IB. De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, moyennant paiement ou non, est interdite et constitue une infraction pénale.

Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour obtenir une autorisation écrite sous la forme d'une licence, rendez-vous à l'adresse <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organización del Bachillerato Internacional, 2025

Todos los derechos reservados. No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin la previa autorización por escrito del IB. Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales—, ya sea incluido en tasas o no, está prohibido y constituye un delito.

En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una autorización por escrito en forma de licencia: <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.



Physique Niveau supérieur Épreuve 2

30 avril 2025

Zone A matin | Zone B matin | Zone C matin

Numéro de session du candidat

2 heures 30 minutes

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

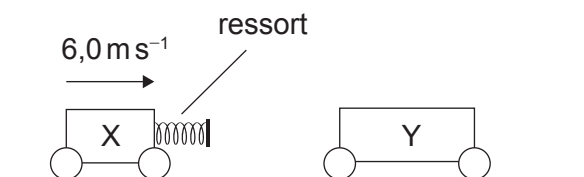
Instructions destinées aux candidates et aux candidats

- 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 de **[90 points]**.

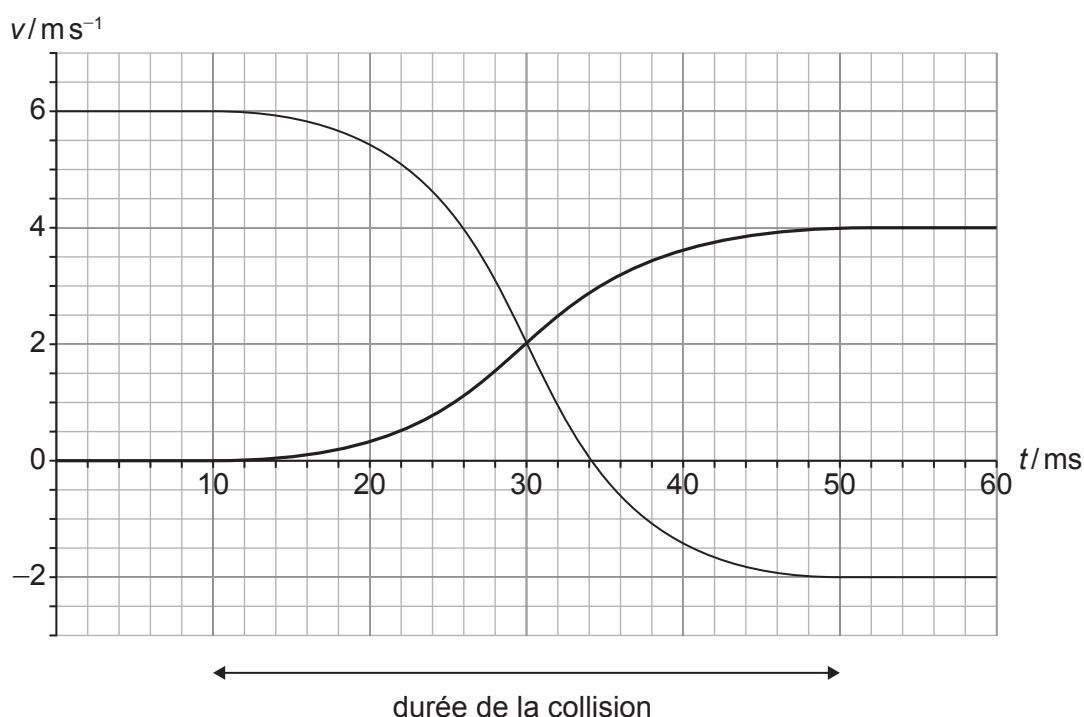


Répondez à **toutes** les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

1. Un chariot X d'une masse de $3,0\text{ kg}$ se déplaçant à une vitesse de $6,0\text{ m s}^{-1}$ entre en collision avec un chariot à l'arrêt Y d'une masse de $6,0\text{ kg}$. Un ressort est attaché à X comme montré.



Le graphique montre les vitesses de X et de Y avant, pendant et après la collision.



La collision a duré 40 ms.

- (a) Montrez que la collision est élastique.

[2]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

(b) Déterminez

(i) la norme de la force moyenne exercée sur Y, [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) la puissance moyenne fournie à Y, [2]

.....

.....

.....

.....

(iii) l'énergie élastique stockée dans le ressort lorsque $t = 30 \text{ ms}$. [2]

.....

.....

.....

.....



2. (a) Décrivez le mécanisme du transfert de la chaleur par conduction.

[2]

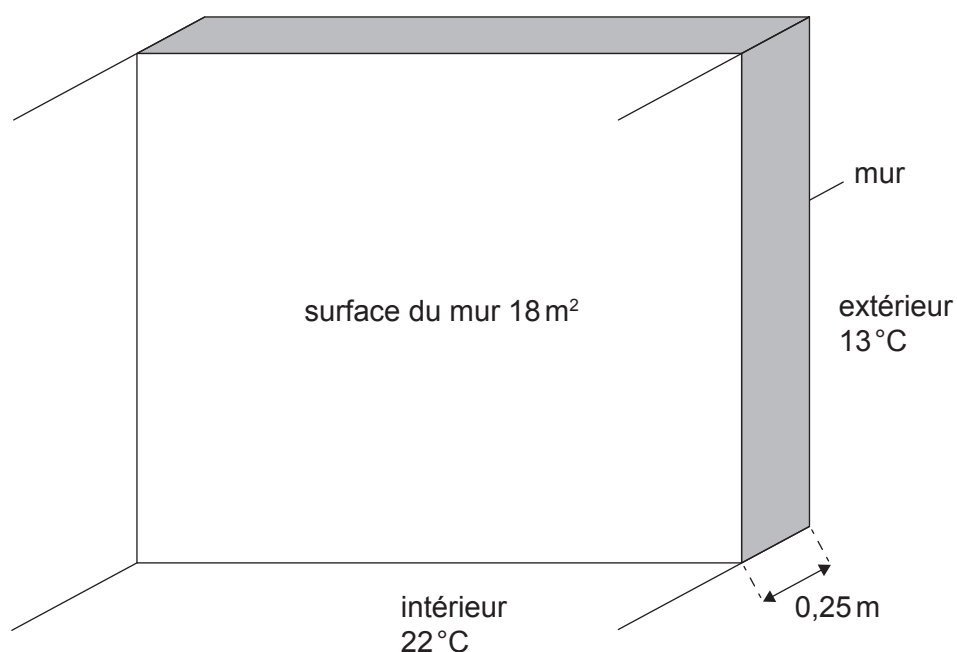
.....

.....

.....

.....

Le schéma montre un mur séparant l'intérieur d'une pièce de l'extérieur. La température de cette pièce est maintenue constante par un appareil de chauffage.



Les données suivantes sont disponibles :

Épaisseur du mur = 0,25 m

Surface du mur = 18 m²

Conductivité thermique du mur = 1,3 W m⁻¹ K⁻¹

Température constante de la pièce = 22 °C

Température constante à l'extérieur = 13 °C

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

- (b) Estimez le taux d'énergie thermique qui quitte la pièce à travers le mur en donnant votre réponse avec une unité appropriée.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

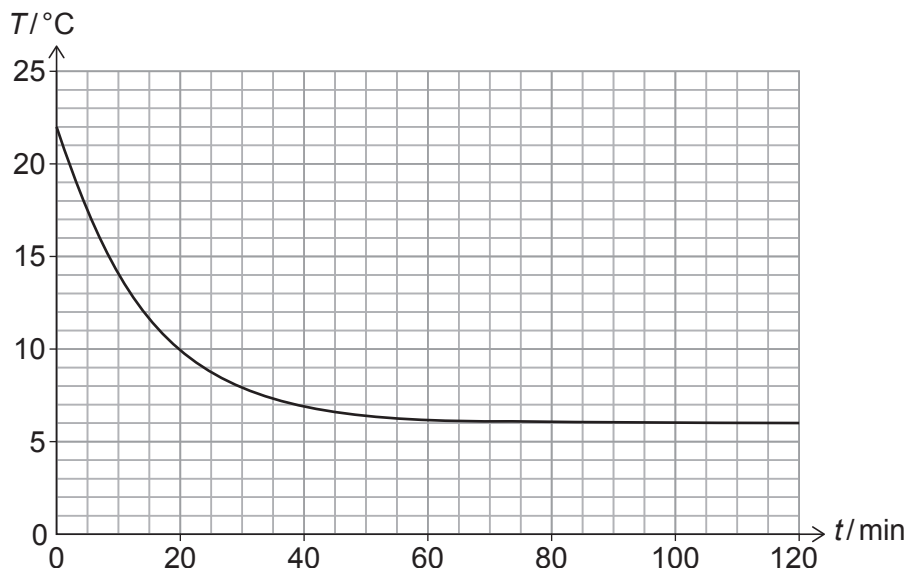


24EP05

Tournez la page

(Suite de la question 2)

- (c) Pendant la nuit, la température extérieure tombe en dessous de 13°C . On éteint l'appareil de chauffage à un moment $t = 0$. Le graphique montre la variation, en fonction de t , de la température T de la pièce.



- (i) Résumez pourquoi la valeur de la pente du graphique diminue.

[1]

.....

- (ii) La pression et le volume de l'air dans la pièce restent constants mais le nombre de molécules a augmenté. Déterminez l'augmentation du pourcentage du nombre de molécules d'air dans la pièce entre $t = 0$ et $t = 120$ min.

[3]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 2)

- (d) Discutez comment le deuxième principe de la thermodynamique s'applique à la situation de la pièce qui se refroidit.

[2]

.....

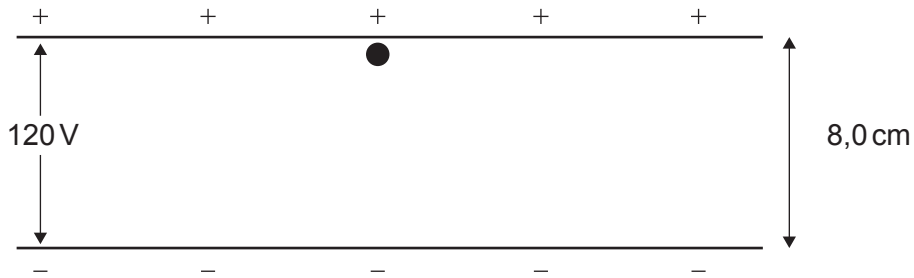
.....

.....

.....



3. Deux plaques parallèles de charges opposées sont séparées par une distance de 8,0 cm. La différence de potentiel entre les plaques est de 120 V. Une particule alpha est placée sur la plaque chargée positivement et libérée depuis l'état de repos. On ignore la gravité.



- (a) Calculez le champ électrique entre les plaques.

[1]

.....

- (b) (i) Montrez que l'accélération de la particule alpha est environ $7 \times 10^{10} \text{ ms}^{-2}$.

[2]

.....

- (ii) Calculez le temps au bout duquel la particule alpha atteint la plaque négative.

[2]

.....

- (iii) Exprimez, en eV, l'énergie cinétique de la particule alpha lorsqu'elle arrive à la plaque négative.

[1]

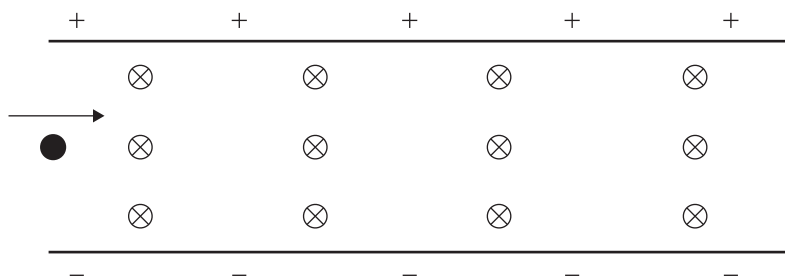
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

- (c) Un champ magnétique dirigé dans le plan de la page est maintenant établi entre les plaques. Une particule alpha pénètre dans la région entre les plaques avec une vitesse horizontale de $5,0 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$. La particule n'est pas déviée.



Calculez l'amplitude du champ magnétique.

[2]

.....

.....

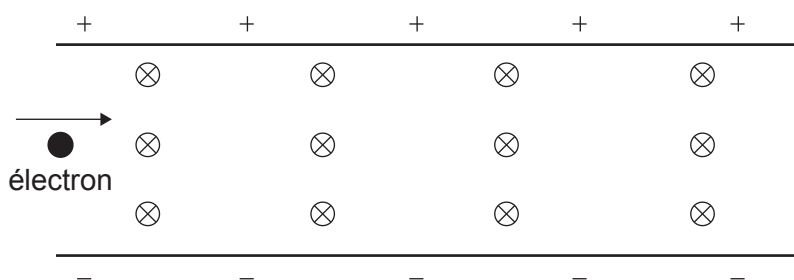
.....

.....

- (d) La particule alpha de (c) est remplacée par un électron. Cet électron pénètre dans la région entre les plaques avec la même vitesse que la particule alpha.

Dessinez, sur le schéma, le trajet de l'électron.

[1]



.....

.....



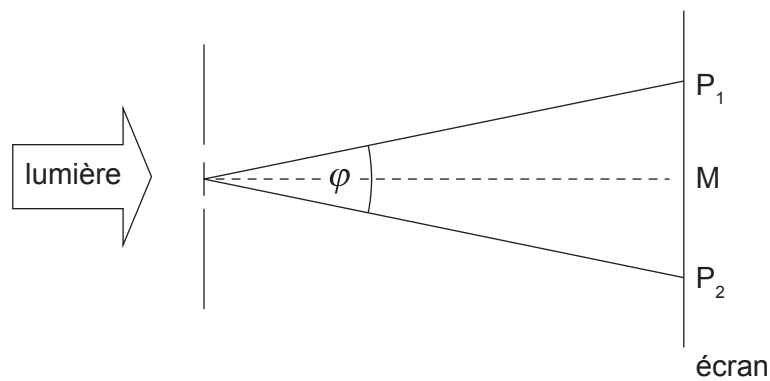
4. Deux sources de lumière produisent des franges d'interférence sur un écran.

- (a) Expliquez pourquoi ces deux sources ont besoin d'être cohérentes pour qu'on puisse observer ces franges d'interférence.

[2]

.....

- (b) Une lumière d'une longueur d'onde de 720 nm est incidente sur deux fentes étroites séparées de 0,12 mm. Des franges d'interférence sont observées sur un écran. P_1 et P_2 sont les points d'interférence destructive les plus proches du maximum central M.



- (i) Calculez, en radians, la séparation angulaire φ de P_1 et de P_2 .

[2]

.....

- (ii) Suggérez comment la conservation de l'énergie est compatible avec le fait que l'énergie en P_1 et en P_2 est nulle.

[1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 4)

Un faisceau de lumière contenant toutes les longueurs d'onde de l'intervalle $[550\text{ nm}, 650\text{ nm}]$ tombe à incidence normale sur un réseau de diffraction. Ce réseau de diffraction a 580 lignes par mm. Des franges de diffraction sont observées sur un écran comme montré.



(c) Résumez pourquoi l'interférence à M est constructive.

[1]

.....

(d) Déterminez l'ordre des franges de diffraction le plus grand dans lequel toutes les longueurs d'onde dans le faisceau incident sont présentes.

[3]

.....



5. (a) Résumez pourquoi la diffusion de Compton offre une meilleure preuve de la nature particulaire de la lumière que l'effet photoélectrique.

[2]

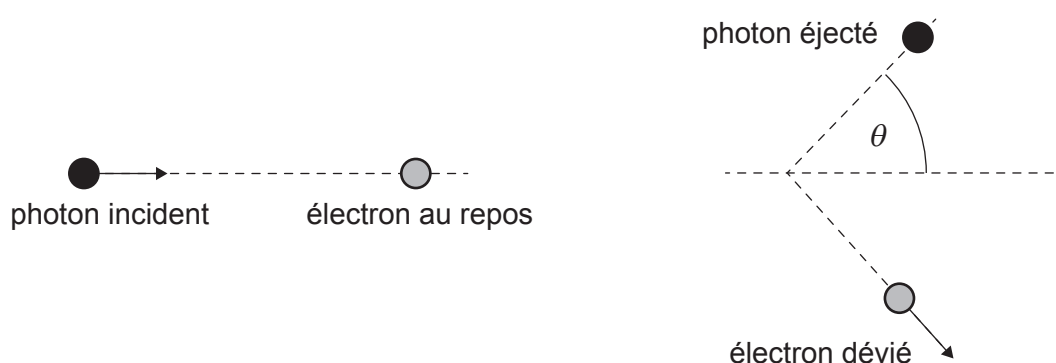
.....

.....

.....

.....

Un photon de longueur d'onde $6,40 \times 10^{-12} \text{ m}$ et d'énergie $0,194 \text{ MeV}$ est incident sur un électron au repos. Le photon est éjecté à un angle θ avec une longueur d'onde de $7,47 \times 10^{-12} \text{ m}$. L'électron est dévié.



- (b) Résumez pourquoi la longueur d'onde du photon éjecté est plus longue que celle du photon incident.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (c) (i) Montrez que l'énergie du photon éjecté est environ $0,17 \text{ MeV}$.

[1]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 5)

(ii) Calculez l'énergie cinétique de l'électron qui est dévié.

[1]

.....
.....

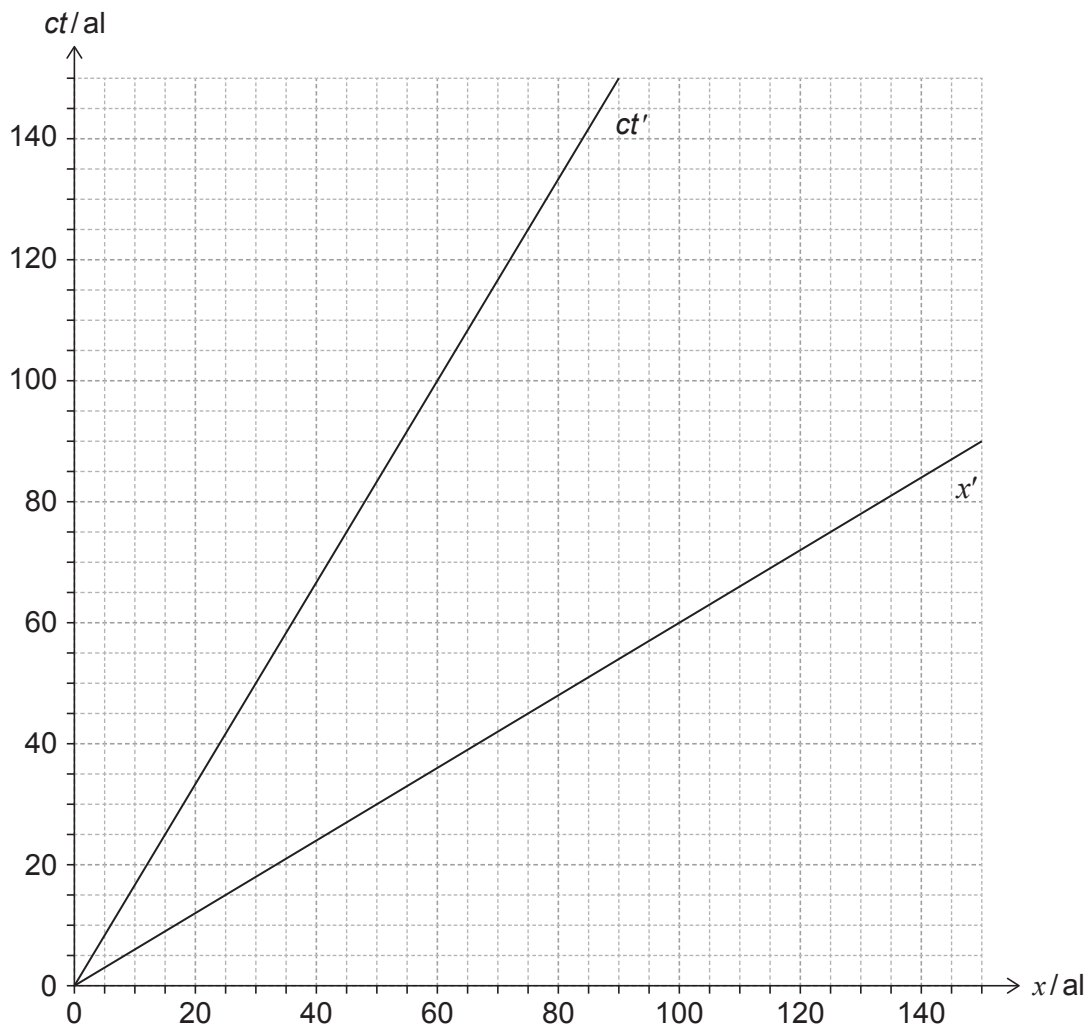
(iii) Pour un électron, $\frac{h}{m_e c} = 2,43 \times 10^{-12}$ m. Déterminez θ .

[2]

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



6. Un vaisseau spatial S quitte la Terre avec une vitesse de $0,60c$ à destination d'une planète P. Mesurée à partir de la Terre, la distance séparant P de la Terre est 30 al . Le diagramme montre les axes espace-temps de la Terre (x, ct) et de S (x', ct').



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 6)

- (a) S arrive à P après 50 années selon la Terre. Calculez le temps auquel S arrive à P selon les horloges de S.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Lorsque S arrive à P, S renvoie un signal radio à la Terre.

- (i) Dessinez, sur le diagramme espace-temps, la ligne d'univers du signal depuis le moment où il est émis jusqu'au moment où il est reçu sur la Terre.

[1]

.....

.....

- (ii) Déterminez, en utilisant le diagramme espace-temps ou autrement, le temps de déplacement du signal selon S.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



7. Les données suivantes sont disponibles pour le Soleil lorsqu'il est entré dans la séquence principale.

$$\text{Masse} = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$$

$$\text{Rayon} = 7,0 \times 10^8 \text{ m}$$

$$\text{Température de surface} = 5800 \text{ K}$$

$$\text{Température du noyau} = 1,5 \times 10^7 \text{ K}$$

$$\text{Densité du noyau} = 1,6 \times 10^5 \text{ kg m}^{-3}$$

- (a) (i) Indiquez et expliquez lesquelles des caractéristiques ci-dessus rendent la fusion nucléaire dans le Soleil possible.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Résumez comment le Soleil maintient son état d'équilibre.

[2]

.....

.....

.....

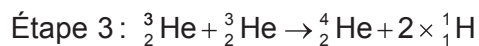
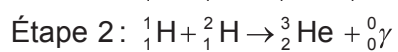
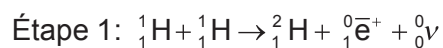
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 7)

(b) La séquence de réactions de fusion nucléaire suivante a lieu dans le Soleil.



La masse nucléaire de ${}_1^1\text{H}$ est 1,007276 u et celle de ${}_1^2\text{H}$ est 2,013550 u.

Estimez l'énergie libérée lors de l'étape 1 de ces réactions.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 7)

- (c) Le Soleil quittera la séquence principale lorsqu'il aura converti 10 % de sa masse d'hydrogène en hélium. L'énergie **totale** libérée dans les réactions en (b) est $4,3 \times 10^{12}$ J. La luminosité actuelle du Soleil est $3,8 \times 10^{26}$ W. Lorsque le Soleil est entré dans la séquence principale, sa masse d'hydrogène était $1,5 \times 10^{30}$ kg.

- (i) Montrez que le Soleil restera sur la séquence principale pendant environ 8×10^9 années.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Indiquez **une** hypothèse qui a été faite pour obtenir la réponse en (c)(i).

[1]

.....

.....

- (iii) Estimez la masse totale perdue par le Soleil pendant ce temps.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (d) La température de surface du Soleil est 5800 K. Déterminez la longueur d'onde maximale dans le spectre du Soleil.

[2]

.....

.....

.....

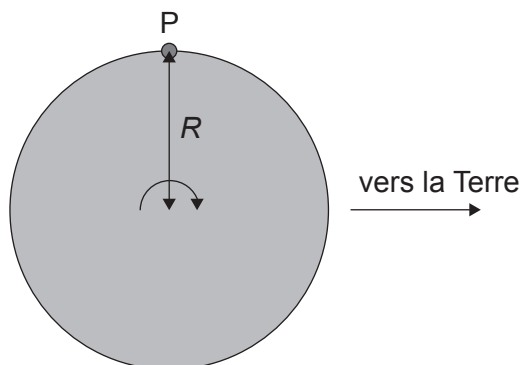
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 7)

- (e) Le Soleil tourne autour de son axe. P est un point sur l'équateur du Soleil.



Une raie spectrale spécifique de l'hydrogène venant d'une source de laboratoire a une longueur d'onde de 656,2797 nm. La même raie spectrale émise depuis P a une longueur d'onde 656,2753 nm lorsqu'elle est mesurée sur la Terre.

- (i) Expliquez cette observation.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calculez la période de révolution du Soleil.

[3]

.....

.....

.....

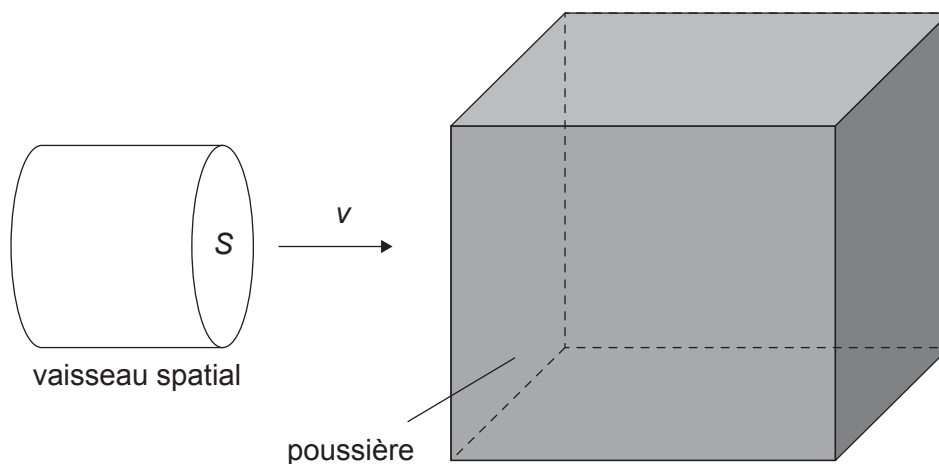
.....

.....

.....



8. (a) Un vaisseau spatial cylindrique d'une surface transversale S se déplace avec une vitesse v . Le vaisseau spatial pénètre dans une zone de poussière de densité ρ . Toute la poussière qui entre en contact avec la surface transversale avant du vaisseau spatial adhère au vaisseau spatial, augmentant sa masse.



- (i) Montrez que, dans le temps Δt , la masse du vaisseau spatial augmentera d'une quantité $\rho S v \Delta t$.

[1]

.....

.....

- (ii) Déduisez que le vaisseau spatial subira une force de traînée $\rho S v^2$ opposée à sa vitesse.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

- (b) Un satellite d'une masse m décrit une orbite circulaire d'un rayon r autour de la Terre. La Terre a une masse M .

- (i) Montrez que l'énergie totale du satellite est donnée par $E_T = -\frac{GMm}{2r}$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Le satellite subit une force de traînée due à l'atmosphère de la Terre. En vous reportant aux résultats de en (a) et (b)(i), indiquez et expliquez le destin probable de ce satellite. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

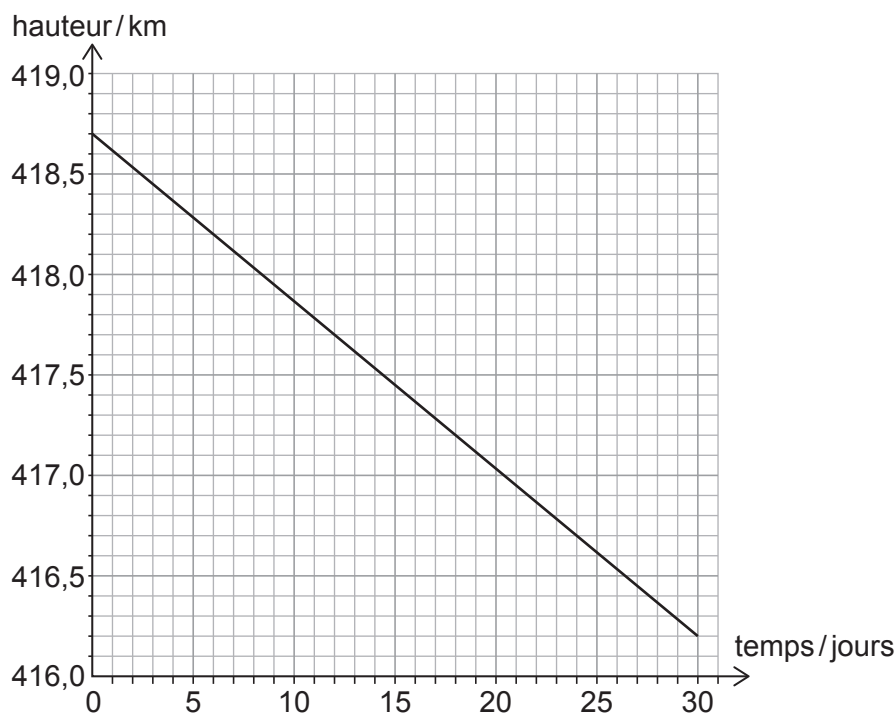
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

- (c) Le graphique montre la variation, en fonction du temps, de la hauteur de la Station spatiale internationale (ISS) pendant une période de 30 jours.



Les données suivantes sont disponibles :

Masse de la Terre = $5,98 \times 10^{24}$ kg
 Masse de l'ISS = $4,20 \times 10^5$ kg
 Rayon de la Terre = $6,38 \times 10^6$ m

Pendant la période de 30 jours comme indiquée dans le graphique, la perte d'énergie totale de l'ISS est $4,5 \times 10^9$ J.

- (i) Calculez le taux moyen de dissipation de l'énergie de l'ISS. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

- (ii) Montrez, en utilisant la hauteur moyenne pendant la période de 30 jours, que la vitesse de l'ISS est environ $8 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Estimez l'augmentation de la température de l'ISS en supposant que toute l'énergie perdue par l'ISS a été convertie en énergie thermique. Prenez comme chaleur spécifique de l'ISS $500 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (iv) Estimez, en utilisant les réponses à (c)(i) et (c)(ii), la force de traînée moyenne qui a agi sur l'ISS.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

- (d) À la fin de la période de 30 jours, des fusées sont mises à feu pour ramener l'ISS à sa hauteur initiale. La densité d'énergie du carburant de fusée à hydrogène liquide est $8,5 \times 10^3 \text{ MJ m}^{-3}$.

Estimez le volume de carburant nécessaire.

[2]

.....

.....

.....

.....

