

5 mai 2018

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Consignes aux candidats

Durée de l'épreuve : 1 heure

- Vous devez commencer par remplir la partie administrative de votre fiche optique, avec indication de votre nom, prénom, et en cochant les cases de votre identifiant personnel : le numéro QCM.
- L'épreuve de Physique se déroule sur 1 heure et est constituée de 4 questions obligatoires et de 4 questions à choisir parmi les questions numérotées de 5 à 10.
- Chaque question comporte cinq propositions : A, B, C, D, E.
- Pour chaque question :
 - Vous cochez la (ou les) case(s) V de la fiche optique correspondant à toute proposition que vous jugez vraie.
 - Vous cochez la (ou les) case(s) F de la fiche optique correspondant à toute proposition que vous jugez fausse.
 - Les cinq propositions peuvent être toutes vraies ou toutes fausses
- Toute case correctement remplie entraîne une bonification.
- Toute erreur est pénalisée.
- **Il est donc préféré une absence de réponse à une réponse inexacte.**
- Seule la fiche optique est ramassée en fin d'épreuve.

LES CALCULATRICES NE SONT PAS AUTORISÉES

Durée de l'épreuve : 1 heure

Vérifiez que votre épreuve est constituée de 9 pages numérotées de 1 à 9.

Dans le cas contraire, demandez un nouveau sujet.

Questions obligatoires (1 à 4)

1 Lancer de balle

Un enfant lance une balle vers le haut avec une vitesse initiale $V_0 = 6m.s^{-1}$ au dessus de sa tête. On suppose que la balle, en chute libre, garde une trajectoire parfaitement verticale au dessus de la tête de l'enfant. On néglige les frottements de l'air. On considère l'accélération de la pesanteur $g = 10m.s^{-2}$.

- A La balle est en translation rectiligne uniforme.
- B L'enfant a 1,2 secondes pour se déplacer avant de prendre la balle sur la tête.
- C L'énergie cinétique de la balle est nulle quand elle arrive au sol.

On considère maintenant que l'enfant jette sa balle depuis le sol avec une vitesse initiale \vec{V}_0 qui fait un angle α avec le sol. On note V_0 la norme de \vec{V}_0 . L'enfant chronomètre le temps que met la balle à retomber sur le sol. Les équations horaires du mouvement de la balle sont données par:

$$x(t) = 5\cos(\alpha) t$$

$$z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + 5\sin(\alpha) t$$

où t est le temps.

- D La norme de la vitesse initiale V_0 à laquelle est lancée la balle est de $10m.s^{-1}$.
- E La balle retombe plus vite sur le sol pour l'angle α_1 que pour l'angle α_2 quand $\alpha_1 \leq \alpha_2$.

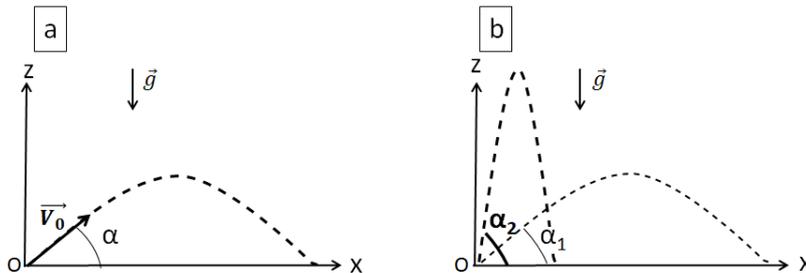


Figure 1: a) Trajectoire du lancer parabolique de la balle. b) Tests de différents angles avec $\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \frac{\pi}{2}$.

2 Propagation d'onde

Un dauphin se repère sous l'océan grâce aux ultrasons qu'il utilise comme un sonar très efficace. La fréquence du clic ultra-sonore émis par le dauphin se

situe autour de $100kHz$. Effrayé par un prédateur, le dauphin prend la fuite dans la direction d'un bateau immobile situé à $150m$. On suppose que les ondes ultra-sonores se propagent dans l'eau de mer à $1500m.s^{-1}$ et que le dauphin fuit son prédateur à $72km.h^{-1}$.

- A Les ondes ultra-sonores sont des ondes mécaniques.
- B Si le dauphin ne réagit pas, il y aura collision entre le dauphin et le bateau en $7,5$ secondes.
- C Si on suppose que la position du dauphin est restée quasiment la même entre l'émission et la réception de l'onde ultra-sonore, le dauphin recevra l'écho l'informant de la position du bateau au bout de $200ms$.
- D La longueur d'onde de l'onde ultra-sonore émise par le dauphin est de $1,5cm$.
- E Le bateau est muni d'un capteur à ultrason, ce dernier enregistre un signal de plus haute fréquence que celle émise par le dauphin.

3 Mouvement de satellites

On s'intéresse aux trajectoires de satellites météorologiques NOAA et Météosat qui gravitent autour de la Terre en orbite circulaire avec respectivement une période d'environ 100 minutes pour NOAA et 1440 minutes pour Météosat. On note respectivement L_M et L_N les distances qui séparent le centre de la Terre de Météosat et de NOAA. On rappelle qu'un satellite géostationnaire est un satellite qui paraît fixe dans le ciel depuis un point d'observation à la surface terrestre. On suppose que la rotation de la Terre sur elle-même s'effectue en 24h.

- A La trajectoire de ces deux satellites est circulaire uniforme.
- B Météosat est géostationnaire dans le référentiel géocentrique.
- C NOAA est géostationnaire dans le référentiel géocentrique.
- D La vitesse de Météosat s'écrit $\sqrt{\frac{GM_T}{L_M}}$ où M_T est la masse de la Terre.
- E $L_M^3 = (14,4)^2 \times L_N^3$.

4 Fentes d'Young

On cherche à caractériser un faisceau d'électrons en utilisant l'expérience des fentes d'Young. Pour cela, on bombarde d'un faisceau d'électrons une plaque percée de deux fentes. Les électrons sont lancés à une vitesse de $1,3 \cdot 10^8 m.s^{-1}$. Un écran est placé derrière la plaque de façon à imprimer chaque impact électronique (figure 2a). Au début de l'expérience, on observe des impacts aléatoirement répartis sur tout l'écran. Cependant, au bout d'un nombre d'impacts suffisamment grand, on voit se dessiner sur l'écran une figure d'interférence (représentée sur la figure 2b pour un nombre d'impacts supérieur à 5000).

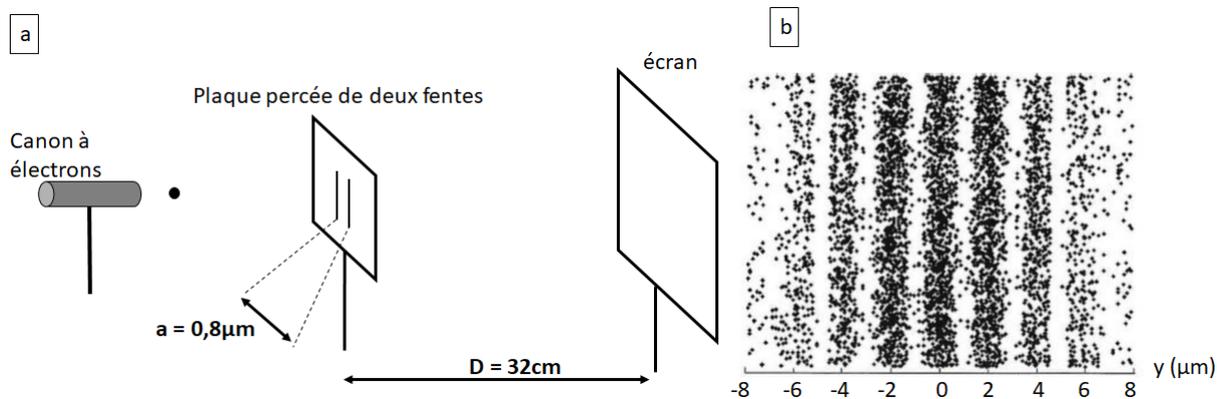


Figure 2

- A Dans cette expérience, on observe qu'un électron isolé peut être considéré comme une particule classique dont on peut prévoir la trajectoire.
- B Au delà de 5000 impacts, d'après la figure 2b, on peut déduire que la longueur d'onde de l'onde associée aux électrons est de 5pm .
- C Si la vitesse des électrons était multipliée par deux la longueur d'onde associée serait diminuée de 50%.
- D On obtient la figure d'interférence opposée si on utilise un faisceau de positron de charge $+e$ à la place du faisceau d'électron de charge $-e$.
- E On n'observe pas de phénomène de diffraction.

Questions à choisir (5 à 10)

5 Oscillateur mécanique vertical

Un objet assimilable à un point matériel de masse m est attaché à un ressort vertical. Le ressort oscille librement autour d'une hauteur $z = L_0$ (figure 3a). On note: $L = z(t)$ la longueur du ressort à tout instant, L_{max} la longueur qu'atteint le ressort quand l'énergie cinétique du système est minimale en phase de descente. Un expérimentateur chronomètre 20 oscillations en 40 secondes. L'évolution de la longueur $L = z(t)$ du ressort dans le temps est représentée sur la figure 3b.

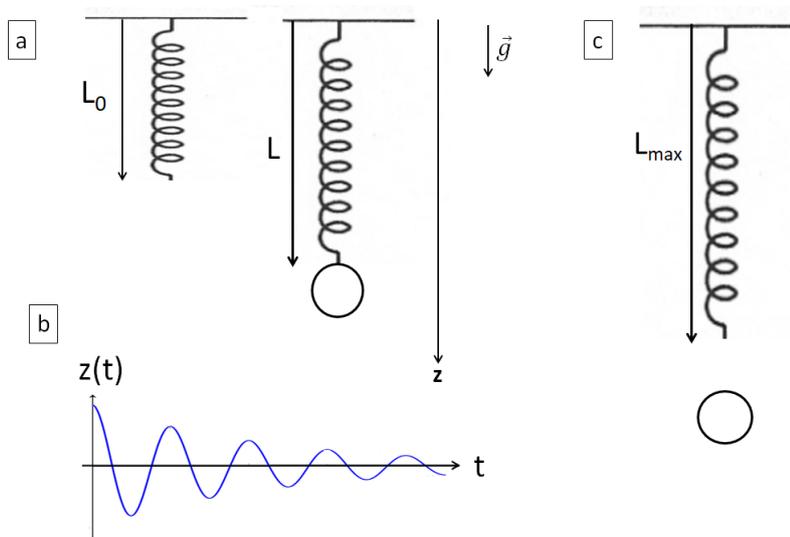


Figure 3

A La fréquence d'oscillation est $0,5Hz$.

B L'énergie mécanique de l'objet se conserve.

C La variation de l'énergie cinétique du système est égale au travail du poids.

Au bout de quelques oscillations, l'objet initialement attaché au ressort se désolidarise de ce dernier et tombe. L'objet quitte le ressort quand celui-ci atteint sa longueur $L = L_{max}$ (figure 3c). On cherche maintenant à décrire la trajectoire de l'objet une fois détaché du ressort.

D L'objet a une trajectoire parabolique.

E Au moment où l'objet quitte le ressort sa vitesse est nulle.

6 Stockage de données

Un touriste de 1,70 mètres se fait photographier au pied de la Tour Eiffel (300 mètres de haut). La photographie est prise en format portrait de telle façon que le pied de la Tour Eiffel soit en bas de la photographie et le sommet de la Tour corresponde au bord haut de la photographie. Les proportions de l'image (hauteur sur largeur) sont de $\frac{4}{3}$. La définition de l'appareil photo est de 3 millions de pixels.

A La hauteur de la Tour Eiffel représente 2000 pixels.

B Si on considère que le touriste a un visage de 30 centimètres de long, on peut distinguer (sans le reconnaître) le visage du touriste.

Le touriste envoie par la suite sa photographie en utilisant la connexion 4G de son téléphone portable. L'image est transmise en RVB.

C La 4G est un mode de transmission guidée.

D Le débit usuel de la 4G étant d'environ 1 Gbit par seconde, elle mettra 7,2ms à être envoyée.

E Si l'image est codée en niveaux de gris, le temps de transmission sera plus faible.

7 Ondes sonores

La figure 4 représente un son émis par un violon enregistré par un oscilloscope.

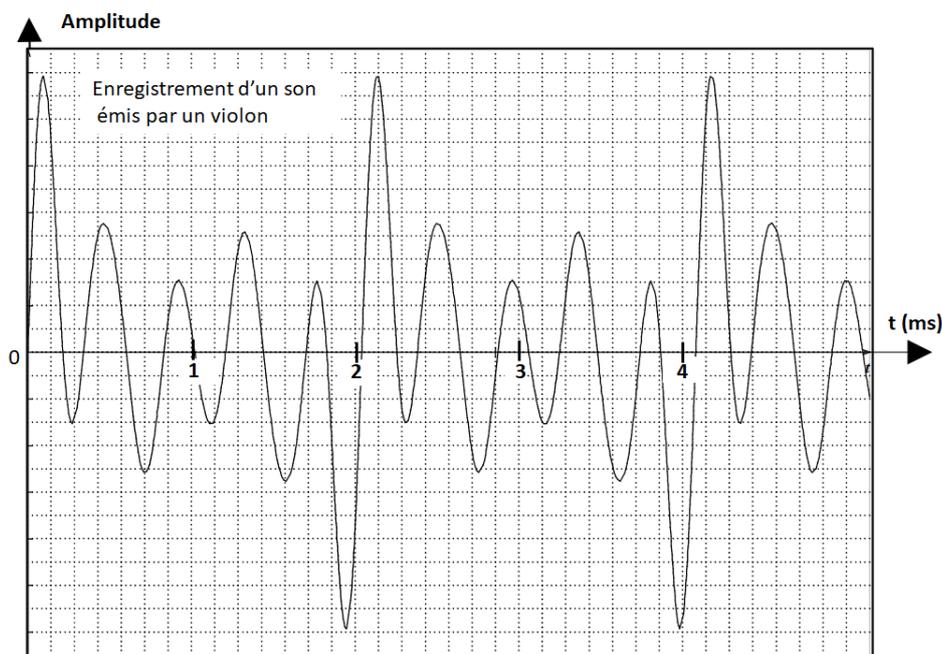


Figure 4

A Le son émis par le violon est un son pur.

B La fréquence du fondamental est plus aiguë que le La du diapason ($440Hz$).

C Le niveau d'intensité sonore minimal perceptible est de $0dB$.

On estime qu'un violon produit un niveau d'intensité sonore de $70dB$ à 5 mètres.

D Un spectateur situé à 5 mètres d'un groupe de 10 violons perçoit un niveau d'intensité sonore de $700dB$.

Soit la grandeur A donnée par $A = \sqrt{\frac{F \times L}{m}}$ où m est la masse de la corde de violon, L la longueur de la corde et F la force qui permet de tendre la corde.

E La grandeur A est homogène à une vitesse.

8 Transfert d'énergie-transfert thermique

On définit la résistance thermique d'un matériau de surface S et d'épaisseur e comme étant $R_{Th} = \frac{e}{\lambda S}$ où λ est la conductivité thermique du matériau concerné. Les conductivités thermiques du bois, de la brique et de la laine de verre sont respectivement:

$$\lambda_{bois} = 0,1 \text{ (SI)}; \lambda_{brique} = 1,0 \text{ (SI)} \text{ et } \lambda_{laine \text{ de verre}} = 20.10^{-3} \text{ (SI)}.$$

Pour un mur de surface S composé de deux matériaux, la résistance thermique du matériau composé est donnée par la somme des résistances thermiques de chacun des matériaux $R_{Th} = R_{Th1} + R_{Th2}$.

Aides aux calculs $18,6 \times 25 = 465$; $175 = 5 \times 35$.

- A L'unité de la résistance thermique est $W.K^{-1}$.
- B Il faut un mur en briques dix fois plus épais qu'un mur en bois de même surface pour obtenir une même isolation thermique.
- C La perte de chaleur à travers un mur qui sépare un appartement chauffé de l'extérieur se fait principalement par rayonnement électromagnétique.
- D Un appartement consomme une puissance thermique de 2500 W pour chauffer l'intérieur à $20^{\circ}C$ alors que la température extérieure est de $0^{\circ}C$. En se contentant d'une température de $18,6^{\circ}C$ on réduit la puissance thermique de 7 % .
- E On considère un mur de 5 mètres de longueur, de 3 mètres de hauteur. Son épaisseur est constituée de 15 centimètres de bois et de 3 cm de laine de verre. La résistance thermique du mur ainsi constitué est de 0,2 en unité SI.

9 Analyse spectrale de roche martienne

En 2012, le robot Curiosity a atterri sur Mars avec pour objectif notamment d'étudier la composition chimique des roches du sol martien. Le robot était muni d'un appareil de mesure composé d'un laser pulsé et de capteurs. Le laser émettait des pulses de longueur d'onde $\lambda = 1067nm$ de courte durée permettant de sublimer la roche cible en plasma (gaz ionisé). Les différents composants de la roche se trouvent ainsi sous forme d'ions gazeux excités. Des capteurs enregistraient alors le spectre de photons produits par désexcitation de ces ions. Pour sublimer et ioniser la roche, il faut une puissance de faisceau minimale de 3 MW. A chaque pulse, le laser émet une énergie de 15 mJ.

- A Les capteurs enregistrent un spectre d'absorption.
- B Le laser émet dans l'ultra-violet.
- C La durée d'un pulse doit être au maximum de 5 microsecondes pour obtenir suffisamment de puissance pour ioniser la roche.

On s'intéresse maintenant à la détection de la présence de calcium dans le sol martien. Une fois ionisé, le calcium se trouve à l'état gazeux sous l'espèce excitée Ca^+ . L'électron peut transiter entre 4 niveaux d'énergie représentés sur la figure 5. On donne $h \approx 6,6.10^{-34} J.s$ (constante de Planck), $c = 3.10^8 m.s^{-1}$ (célérité de la lumière dans le vide).

Aide aux calculs $\frac{6,6}{7,5} \approx 0,9$; $\frac{6,6}{2,5} \approx 2,64$.

D Un balayage en longueur d'onde entre 240nm et 950nm suffit pour pouvoir détecter l'ensemble des raies caractéristiques de l'ion Ca^+ .

E Le spectre montre clairement une raie cohérente avec la longueur d'onde du photon associé à la désexcitation de l'électron entre le niveau 3 et le niveau 2 de l'ion Ca^+ . Cette seule raie suffit à affirmer la présence de calcium dans le sol martien.

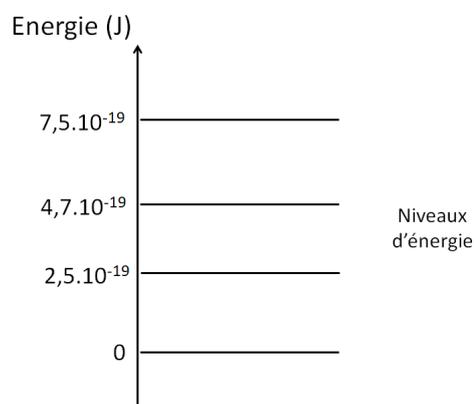


Figure 5

10 Diffraction et interférences

On dispose d'un laser monochromatique de longueur d'onde λ inconnue émise dans le domaine visible. On souhaite la mesurer en utilisant le phénomène de diffraction. On intercale entre le laser et un écran un système de fentes. On mesure la tache centrale $L = 2,4cm$, la distance entre la fente et l'écran $D = 2,0m$, la largeur de la fente $a = 0,10mm$ (figure 6). L'écart angulaire de diffraction θ vaut 0,006 radians.

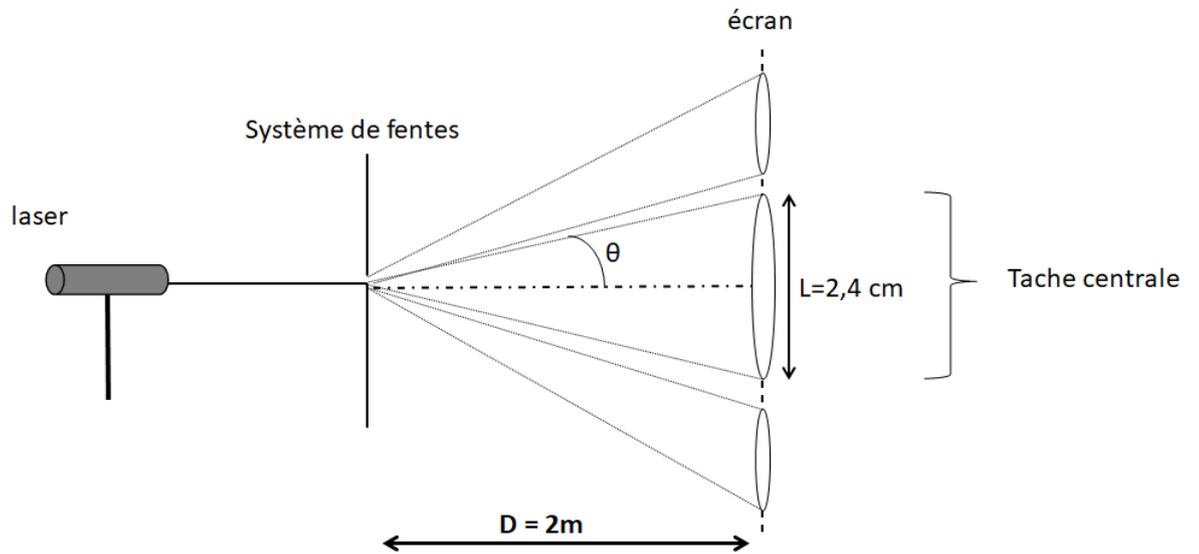


Figure 6

- A On observe un phénomène d'interférences sur la figure 6.
- B L'écart angulaire (assimilé à sa tangente) de diffraction est proportionnel à la longueur de la tache centrale.
- C La longueur d'onde du laser est de 600 nm.

On utilise maintenant un autre laser monochromatique de longueur d'onde 650nm pour tester un revêtement anti-reflet. Pour cela, on éclaire l'intérieur d'une cuve en verre (milieu 2, figure 7) dont une des parois a été recouverte par une couche anti-reflet d'épaisseur e (milieu 1, figure 7).

Principe du revêtement anti-reflet:

L'épaisseur e de la couche anti-reflet est calculée de telle façon que pour un rayon d'incidence normale (rayon 1), le rayon 2 interfère avec le rayon 3 et les interférences induites sont destructives. Le rayon 3 est retardé par rapport au rayon 2 suite à la traversée de l'épaisseur e .

On donne les indices de réfraction pour les différents milieux:

revêtement anti-reflet: $n_1 = 1,35$.

verre: $n_2 = 1,5$.

air: $n_{air} = 1$.

Par souci de clarté sur la figure 7 les rayons incident et réfléchis sont représentés de façon oblique mais, pour les calculs, on considérera les rayons en incidence normale (c'est à dire perpendiculaires aux parois du dispositif).

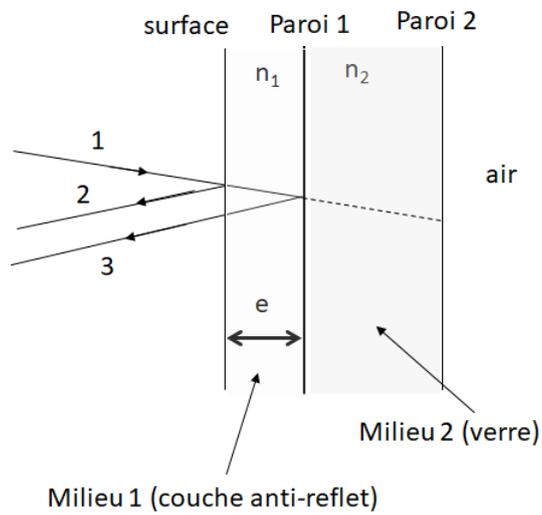


Figure 7

Aide aux calculs: $\frac{65}{2,7} \approx 24$

D On ne peut jamais obtenir de réflexion totale sur la paroi 2 (en contact avec l'air) pour un rayon incident provenant du milieu 2.

E L'épaisseur minimale de la couche anti-reflet doit être de $1,20 \cdot 10^{-7} m$.