

Devoir Maison N°1 2026-2027

1ière partie

Données : Rayon moyen de la Terre $R_T = 6371 \text{ km}$
Masse de la Terre $m_T = 5,97.10^{24} \text{ kg}$
Le sol Terrestre est choisi comme origine des énergies potentielles et des altitudes
Intensité de la pesanteur sur Terre $g = 10 \text{ N. kg}^{-1}$

Constante gravitationnelle $G = 6,67.10^{-11} \text{ Nm}^2.\text{kg}^{-1}$

La célérité de la lumière dans le vide est une constante supposée connue par le candidat.

Demi-vie (ou période radioactive) du polonium 210 : $t_{\frac{1}{2}}(^{210}_{84}\text{Po}) \approx 140 \text{ jours}$

Constante de Planck : $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-1}$

Résistance thermique d'une paroi de surface S , d'épaisseur e constituée d'un matériau de conductivité λ : $R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$

Lorsqu'une paroi est constituée de matériaux accolés (dits « en série ») la **résistance** thermique de la paroi est égale à la somme des résistances thermiques de chaque matériau.

Conductivité thermique moyenne de quelques matériaux :

Matériau	Conductivité thermique λ en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Béton	2,0
Laine de verre	0,040
Plâtre	0,40
Air	0,025

La célérité du son dans l'air à 20°C est une constante supposée connue par le candidat.

Intensité sonore de référence : $I_0 = 1,0.10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$

LES FEMMES SCIENTIFIQUES

QUI ONT CHANGÉ LE MONDE

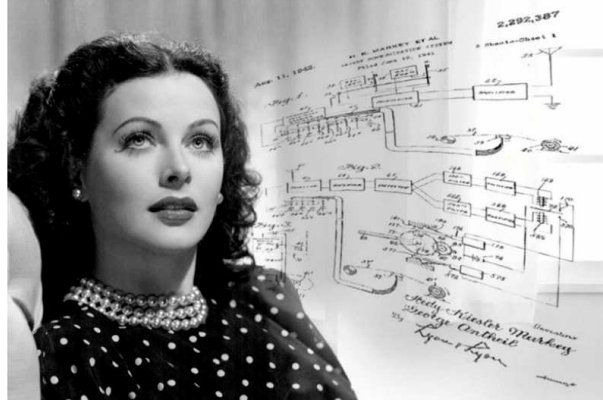
Trop souvent oubliées, de nombreuses scientifiques ont permis à la physique de faire d'énormes progrès.

Nous nous intéresserons dans ce sujet à ces femmes exceptionnelles et aux domaines dans lesquels elles ont porté leurs recherches.

Hedwig KIESLER dite « HEDY LAMARR » (1914 – 2000)

Célèbre actrice hollywoodienne, Hedy Lamarr était surtout une scientifique de talent, inventrice d'un système secret de codage des transmissions, à l'origine du WIFI et du Bluetooth.

Sans ses travaux, ces deux systèmes indispensables n'auraient pas pu voir le jour !



Intéressons-nous tout d'abord au WIFI : c'est un système de connexion sans fil qui utilise une onde électromagnétique dont la fréquence peut être de 2,4 GHz, 5,0 GHz ou 6,0 GHz

1) Une fréquence de 5,0 GHz correspond à une période de :

- A) 2,0 ms
- B) 2,0 μ s
- C) 2,0 ns
- D) Aucune de ces réponses n'est correcte

2) La longueur d'onde dans le vide associée à une onde électromagnétique de fréquence 5,0 GHz vaut environ :

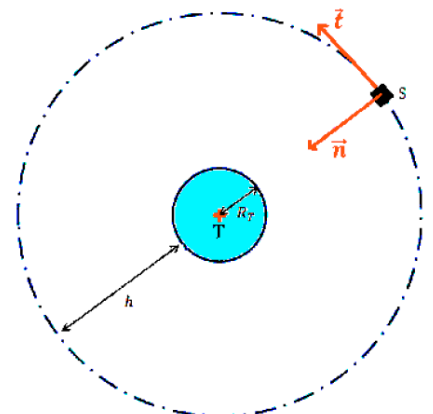
- A) 60 cm
- B) 60 mm
- C) 6,0 mm
- D) 1,5 mm

3) L'énergie du photon associée à une onde de fréquence 5,0 GHz vaut environ :

- A) $3,3 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
- B) $3,3 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
- C) $1,3 \cdot 10^{-43} \text{ J}$
- D) $1,3 \cdot 10^{-24} \text{ J}$

Intéressons-nous maintenant au GPS qui utilise lui aussi des systèmes de communication sans fil : c'est un système de géolocalisation par triangulation, rendu possible par la présence autour de la Terre d'un ensemble de satellites positionnés à une altitude $h = 20200 \text{ km}$ par rapport à la surface de la Terre.

On considère un satellite GPS de masse m_S en orbite circulaire autour de la Terre, dont la situation est décrite par le schéma ci-contre. On étudie les caractéristiques de ce satellite dans le référentiel géocentrique.



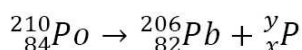
- 4) En considérant que la vitesse d'une onde électromagnétique est la même dans l'atmosphère que dans le vide, on peut en déduire que le temps nécessaire à l'onde électromagnétique pour aller d'un véhicule à un satellite GPS vaut environ :
- A) 6,7 s
 - B) 3,4 ms
 - C) 67 ms
 - D) 34 ms
- 5) La force exercée par la Terre, de masse m_T sur le satellite a pour expression :
- A) $\vec{F} = G \cdot \frac{m_S \cdot m_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{t}$
 - B) $\vec{F} = G \cdot \frac{m_S}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{n}$
 - C) $\vec{F} = G \cdot \frac{m_S \cdot m_T}{R_T + h} \cdot \vec{n}$
 - D) $\vec{F} = G \cdot \frac{m_S \cdot m_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{n}$
- 6) L'accélération du satellite possède :
- A) Une composante normale uniquement
 - B) Une composante tangentielle uniquement
 - C) Une composante normale et une composante tangentielle
 - D) Une valeur variable
- 7) L'accélération du satellite GPS vaut environ :
- A) $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
 - B) $6,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
 - C) $0,0981 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
 - D) $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- 8) La vitesse du satellite GPS dans le référentiel géocentrique vaut environ :
- A) $40 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
 - B) $4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
 - C) $2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
 - D) $20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$
- 9) La période de révolution d'un satellite GPS est donc :
- A) Identique à celle d'un satellite géostationnaire, soit environ 24h
 - B) Le double de celle d'un satellite géostationnaire, soit environ 48h
 - C) La moitié de celle d'un satellite géostationnaire, soit environ 12h
 - D) Le quart de celle d'un satellite géostationnaire, soit environ 6h

Marie SKLODOWSKA-CURIE (1867 – 1934)

Née à Varsovie en 1867, Marie Sklodowska, passionnée de sciences, décide de venir faire ses études à Paris. Ses travaux sur la radioactivité et notamment la découverte du Radium et du Polonium (nom choisit en hommage à son pays natal !) lui vaudront en 1903 le prix Nobel de Physique au côté de son époux Pierre Curie, et d'Henry Becquerel.



La désintégration d'un noyau de polonium est représentée par l'équation de réaction suivante, dans laquelle une particule est émise (particule notée P dans l'équation) :



10) Dans l'équation ci-dessus, lorsque $x = 2$ et $y = 4$, on obtient :

- A) une désintégration de type β^- émettant un électron
- B) une désintégration de type α émettant un noyau d'hélium
- C) une désintégration de type β^+ émettant un positon
- D) une désintégration de type β^+ émettant un noyau d'hélium

On considère un échantillon de polonium 210 contenant un nombre initial $N(t = 0) = N_0 = 2,0 \cdot 10^{24}$ noyaux.

11) Au bout de 420 jours, le nombre de noyaux N de Polonium 210 restants sera environ :

- A) $N \simeq 0$ noyau
- B) $N \simeq 5,0 \cdot 10^{23}$ noyaux
- C) $N \simeq 2,5 \cdot 10^{23}$ noyaux
- D) $N \simeq 1,25 \cdot 10^{23}$ noyaux

12) On note λ la constante radioactive. L'expression donnant le temps t au bout duquel il ne reste plus que N noyaux de Polonium est :

- A) $t = \frac{N}{N_0} \cdot e^{-\lambda}$
- B) $t = -\lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda}$
- C) $t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$
- D) $t = -\lambda \cdot \ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$

13) Le temps de demi-vie est alors donné par la relation :

- A) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$
- B) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{\lambda}{\ln(2)}$
- C) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{-\lambda}{\ln(2)}$
- D) $t_{\frac{1}{2}} = \frac{-\ln(2)}{\lambda}$

14) La constante radioactive λ vaut donc environ :

- A) 6.10^{-8} s^{-1}
- B) 6.10^8 s^{-1}
- C) 2.10^8 s^{-1}
- D) 2.10^{-8} s^{-1}

L'activité $A(t)$ d'un échantillon à un instant t est définie par $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$ où $N(t)$ est le nombre de noyaux de polonium à l'instant t .

15) L'activité d'un échantillon est donc donnée par la relation :

- A) $A(t) = \frac{\lambda}{N_0} \cdot e^{-\lambda \cdot t}$
- B) $A(t) = \frac{N_0}{\lambda} \cdot e^{-\lambda \cdot t}$
- C) $A(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$
- D) $A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

16) L'activité de l'échantillon de polonium (contenant initialement $N_0 = 2,0 \cdot 10^{24}$ noyaux) à la date $t = 420$ jours vaut environ :

- A) $1,5 \cdot 10^{24} \text{ Bq}$
- B) $1,5 \cdot 10^{-24} \text{ Bq}$
- C) $1,5 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$
- D) $1,5 \cdot 10^{-16} \text{ Bq}$

Edith CLARKE (1883 – 1959)

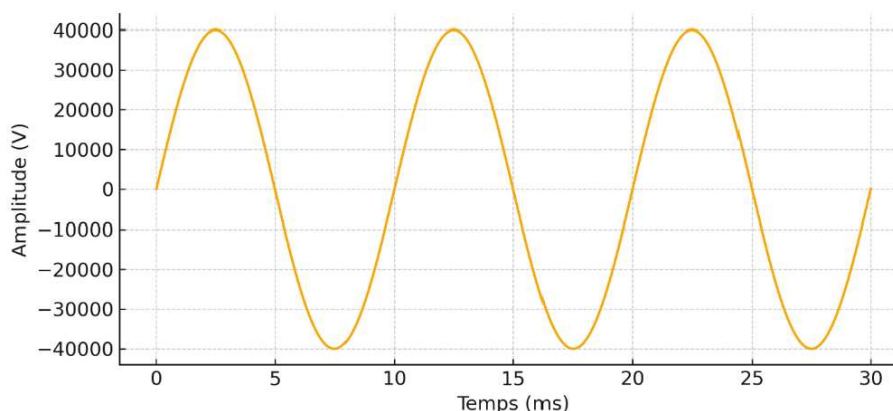
1^{ère} femme ingénieure électrique, 1^{ère} femme diplômée du MIT en 1918, et 1^{ère} femme à enseigner le génie électrique, Edith Clarke a transformé le monde scientifique.

C'est à l'Université du Texas à Austin qu'elle a enseigné durant 10 ans, après avoir travaillé de 1919 à 1945 chez General Electric. Elle créa également un modèle de calculatrice et publia l'ouvrage « Circuit Analysis for A-C Power Systems » toujours utilisé dans l'enseignement supérieur.

« Elle était l'une des ingénieurs qui ont vraiment compris et développé les équations de Charles Steinmetz sur la théorie du courant alternatif », explique l'historien de Général Electrics Chris Hunter. Elle a notamment établi que « si la précision est souhaitée dans les calculs pour les longues lignes [de transmission], il est absolument nécessaire de prendre en considération l'inductance et la capacité uniformément réparties dans la ligne ».



Analysons un signal électrique d'une ligne à haute tension :



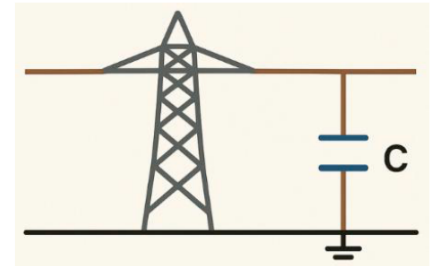
17) Si on réalisait le spectre en fréquence de ce signal, il serait alors constitué :

- A) D'un seul pic
- B) De deux pics
- C) De trois pics
- D) Aucune de ces réponses n'est correcte

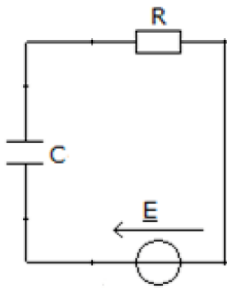
18) La fréquence de ce signal électrique vaut :

- A) 10 Hz
- B) 50 Hz
- C) 100 Hz
- D) Aucune de ces réponses n'est correcte

Un des problèmes du transport de courant alternatif est la perte d'énergie due aux propriétés capacitives des lignes, résumé par le schéma ci-contre :



Pour éviter ces pertes, une des solutions est de transporter le courant sous forme de courant continu : ainsi les conducteurs se chargent une fois au moment de la mise en tension, puis plus aucun courant capacitif ne circule. Cette solution est notamment utilisée pour le lien France-Angleterre (IFA 2000) ou pour la liaison entre les parcs éoliens offshore et le continent.



Modélisons ce problème par un circuit série (voir schéma ci contre) comportant un générateur de tension idéal de f.e.m $E = 10kV$, un condensateur de capacité $C = 10 nF$ et une résistance $R = 0,1 \Omega$. On notera $U_C(t)$ la tension aux bornes du condensateur et $U_R(t)$ celle aux bornes de la résistance. La convention choisie pour ces tensions est telle qu'elles sont positives.

19) La loi des mailles appliquée à ce circuit donne :

- A) $U_R(t) = U_C(t) + E$
- B) $U_R(t) - U_C(t) + E = 0$
- C) $U_R(t) = U_C(t) - E$
- D) $U_R(t) = -U_C(t) + E$

20) Sachant que le condensateur est initialement déchargé, la tension $U_C(t)$ aux bornes du condensateur vérifie alors l'équation :

- A) $U_C(t) = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R.C}}\right)$
- B) $U_C(t) = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{R.C}}\right) + 10$
- C) $U_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{R.C}}$
- D) $U_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{R.C}} + 10$

Avec un courant continu, le condensateur ne se charge donc qu'une fois, alors qu'avec du courant alternatif des charges et décharges successives se produisent.

21) Le temps caractéristique τ du circuit qui modélise le problème vaut :

- A) $1 \mu s$
- B) $1 ms$
- C) $1 ns$
- D) $1 ps$

Tiera GUINN (1995 -)

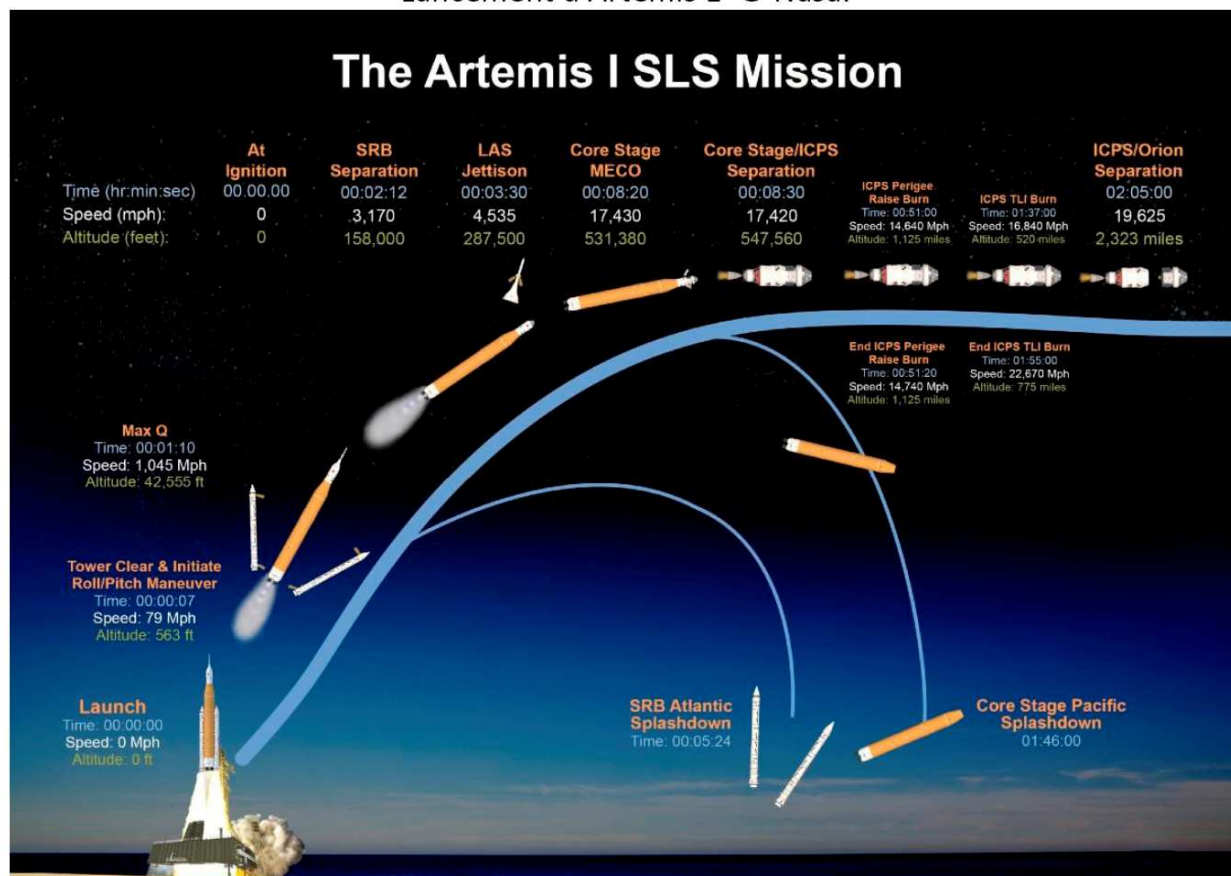
Diplômée du MIT en génie aérospace, Tiera Guinn a **collaboré avec Boeing et avec la NASA**. Elle a notamment participé à l'élaboration du **Space Launch System (SLS)**, lanceur spatial utilisé pour des missions sur Mars.

En 2019, Tiera Guinn reçoit le **prix de l'ingénieur le plus prometteur**. Elle poursuit de nos jours ses travaux dans l'aérospatial.



Étudions le SLS :

Lancement d'Artemis 1 © Nasa.



On s'intéresse tout d'abord à la partie lancement (launch), c'est-à-dire la phase située entre l'altitude de départ $h_0 = 0m$ et l'altitude $h_1 = 172m$ (car 563 ft correspond à 172m). Lors de ce mouvement rectiligne vertical dans le référentiel terrestre, trois forces sont appliquées à l'ensemble du lanceur de masse $m = 2600 \text{ tonnes}$ supposée constante: son poids $\vec{P}$, la force de poussée $\vec{F}$ (force constante, verticale et de valeur $F = 3,9.10^7 N$) et des forces de frottements de l'air modélisées par une unique force $\vec{f}$ verticale et opposée au mouvement.

A la date $t = 0s$, le lanceur est immobile à l'altitude h_0 . À la date $t_1 = 7,0s$ son altitude vaut $h_1 = 172m$ et sa vitesse $v_1 = 127 \text{ km} \cdot h^{-1}$

22) Le travail du poids de l'altitude de départ à l'altitude h_1 vaut environ :

- A) $4,5.10^9 J$
- B) $4,5.10^6 J$
- C) $-4,5.10^9 J$
- D) $-4,5.10^6 J$

23) Le travail de la force $\vec{F}$ entre l'altitude de départ et l'altitude h_1 a pour expression :

- A) $W(\vec{F}) = -F \cdot h_1 \cdot \cos(90^\circ)$
- B) $W(\vec{F}) = m \cdot g \cdot F \cdot h_1$
- C) $W(\vec{F}) = F \cdot h_1 \cdot \cos(180^\circ)$
- D) $W(\vec{F}) = F \cdot h_1 \cdot \cos(0^\circ)$

24) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, on peut dire que l'expression du travail de la force $\vec{f}$ lors de cette phase est :

- A) $W(\vec{f}) = -\frac{1}{2}m \cdot v_1^2$
- B) $W(\vec{f}) = \frac{1}{2}m \cdot v_1^2 + F \cdot h_1 + m \cdot g \cdot h_1$
- C) $W(\vec{f}) = \frac{1}{2}m \cdot v_1^2 - F \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_1$
- D) Aucune de ces réponses n'est correcte

25) Une vitesse de $127 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ correspond à environ :

- A) $1,27.10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- B) $35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- C) $3,5.10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- D) Aucune de ces réponses n'est correcte

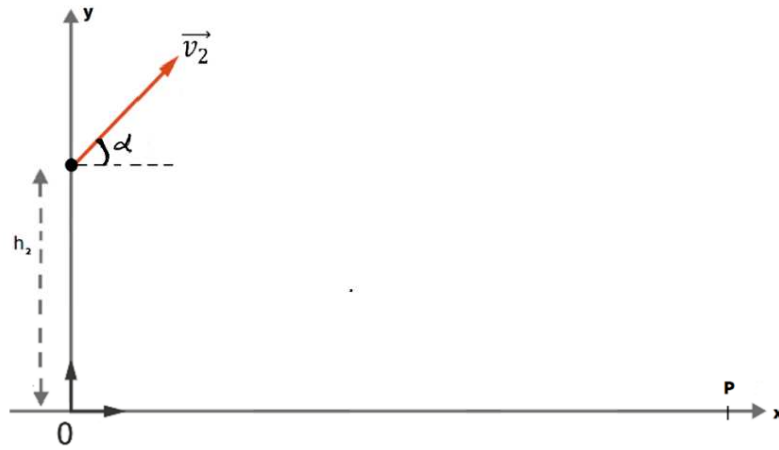
26) L'application du théorème de l'énergie cinétique permet de déterminer que le travail de la force $\vec{f}$ durant cette phase vaut environ :

- A) -6.10^8 J
- B) -2.10^9 J
- C) 9.10^8 J
- D) 1.10^{10} J

Intéressons-nous désormais à l'éjection des Solid Rock Boosters (SRB separation) depuis l'altitude $h_2 = 4,8.10^4 \text{ m}$ (correspondant à 158000 ft).

On considère un booster de masse $M = 7,3.10^5 \text{ kg}$, éjecté à la hauteur h_2 avec une vitesse initiale $\vec{v}_2$ de valeur $v_2 = 1,6.10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale ; situation décrite par le schéma ci-dessous. On étudie la trajectoire de sa chute dans le référentiel terrestre représenté par le repère (Oxy).

À l'état initial, il se situe comme indiqué sur le graphique.



Dans cette étude on considèrera $\vec{g}$ comme constant et on négligera toute action de l'air.

27) Les coordonnées de l'accélération du booster dans le repère (Oxy) sont :

- A) $\begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \cdot \sin \alpha \end{cases}$
- B) $\begin{cases} a_x = g \cdot \cos \alpha \\ a_y = -g \cdot \sin \alpha \end{cases}$
- C) $\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$
- D) $\begin{cases} a_x = -g \\ a_y = 0 \end{cases}$

28) Lors de sa chute, les coordonnées de la position du booster en fonction du temps dans le repère (Oxy) sont alors :

- A) $\begin{cases} x(t) = v_2 \cdot \sin \alpha \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_2 \cdot \cos \alpha \cdot t \end{cases}$
- B) $\begin{cases} x(t) = v_2 \cdot \sin \alpha \cdot t + h_2 \\ y(t) = -\frac{1}{2} \cdot M \cdot g \cdot t^2 + v_2 \cdot \cos \alpha \cdot t + h_2 \end{cases}$
- C) $\begin{cases} x(t) = v_2 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_2 \cdot \sin \alpha \cdot t + h_2 \end{cases}$
- D) $\begin{cases} x(t) = v_2 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \cdot M \cdot g \cdot t^2 + v_2 \cdot \sin \alpha \cdot t + h_2 \end{cases}$

29) Le booster atterrira donc au niveau du sol à une position d'abscisse environ :

- A) $x_P = 200 \text{ km}$
- B) $x_P = 290 \text{ km}$
- C) $x_P = 500 \text{ km}$
- D) $x_P = 580 \text{ km}$

Susan Jocelyn Bell Burnell (1943 -)

Susan Jocelyn Bell Burnell, née le **15 juillet 1943**, est une **astrophysicienne britannique** reconnue pour sa contribution majeure à la découverte des **pulsars**.

En 1967, alors qu'elle est doctorante à l'Université de Cambridge sous la direction d'**Antony Hewish**, elle identifie pour la première fois un signal radio périodique d'origine extraterrestre, correspondant à une étoile à neutrons en rotation rapide — un **pulsar**.

Cette découverte marque une avancée déterminante dans le domaine de l'astrophysique, ouvrant la voie à une nouvelle compréhension des **étoiles compactes** et des **restes d'explosions de supernovæ**.

Toutefois, le **prix Nobel de physique de 1974** fut attribué à Antony Hewish et à Martin Ryle, sans mention de Jocelyn Bell Burnell, suscitant un débat scientifique et éthique majeur concernant la **reconnaissance du travail des jeunes chercheurs** et des **femmes en sciences**.



Étudions un signal reçu en provenance d'un pulsar s'éloignant de la Terre à la vitesse $v = 300 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Le signal périodique détecté sur Terre possède une fréquence $f_R = 100 \text{ MHz}$.

30) La fréquence du signal détecté sur Terre est différente de celle du signal émis par le pulsar en raison :

- A) Du phénomène de diffraction
- B) Du phénomène d'interférences
- C) De l'effet Doppler
- D) De l'effet Meissner

31) L'étoile s'éloignant de la Terre, le signal détecté possède :

- A) Une fréquence plus faible que celle du signal émis
- B) Une fréquence plus importante que celle du signal émis
- C) Une amplitude plus importante que celle du signal émis
- D) Une période plus faible que celle du signal émis

32) La relation entre la fréquence f_E de l'onde émise par le pulsar, la fréquence f_R de l'onde détectée sur Terre, la célérité de l'onde dans le vide c et la vitesse d'éloignement v de l'étoile par rapport à la Terre est :

- A) $f_R = \left(\frac{c}{c-v} \right) \cdot f_E$
- B) $f_R = \left(\frac{c}{c+v} \right) \cdot f_E$
- C) $f_R = \left(\frac{c-v}{c+v} \right) \cdot f_E$
- D) $f_R = \left(\frac{c-v}{c} \right) \cdot f_E$

33) Le décalage de fréquence Δf entre la fréquence de l'onde émise par le pulsar et la fréquence de l'onde détectée sur Terre, défini par $\Delta f = f_E - f_R$, vaut environ :

- A) 100 kHz
- B) 10 kHz
- C) 1 kHz
- D) 1 MHz

Margaret Ingels (1892–1971)

Margaret Ingels est la première femme américaine diplômée d'un master en ingénierie mécanique (à l'université du Kentucky en 1916).

C'est une pionnière de la thermodynamique et des transferts thermiques, dont les recherches sont à la base de tous les systèmes modernes de régulation de la température.

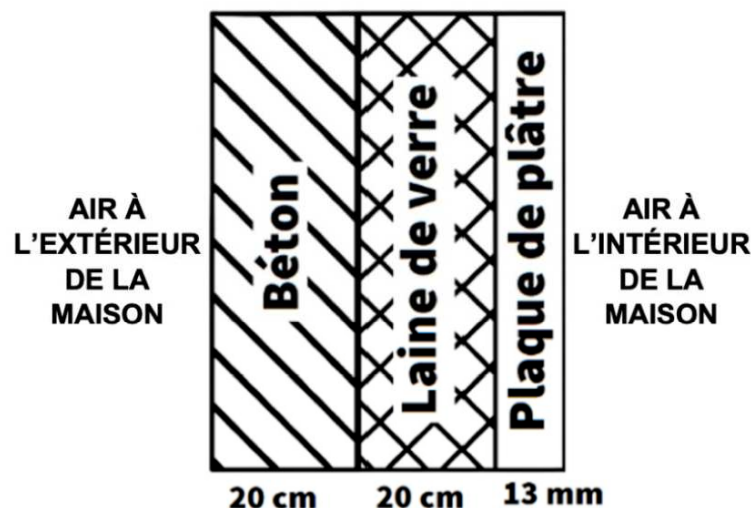
Elle n'était pas seulement une ingénieure brillante : elle a également joué un rôle de **modèle pour les femmes scientifiques** et a donné de nombreuses conférences pour promouvoir la **présence des femmes en ingénierie** et expliquer les **applications pratiques de la thermodynamique** dans la vie quotidienne.



34) Parmi les modes de transferts thermiques on retrouve :

- A) La convection, la conduction et l'effet Joule
- B) La convection, la conduction et le rayonnement
- C) La conduction, le rayonnement et l'effet Joule
- D) La conduction, la convection et l'effet Venturi

Étudions le mur d'une maison, en contact avec l'air extérieur, décrit par le schéma ci-dessous :



35) La résistance thermique de ce mur de surface 20m^2 composé des trois matériaux indiqués sur le schéma ci-dessus vaut environ :

- A) $2,6 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$
- B) $0,50 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$
- C) $0,26 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$
- D) $5,0 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$

36) Si la paroi intérieure du mur est à la température de 20°C et la paroi extérieure du mur à la température de 10°C , le flux thermique à travers le mur vaut environ :

- A) $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ W}$
- B) 2500 W
- C) 40 W
- D) $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ W}$

37) En laissant un espace d'1,0cm d'air entre la laine de verre et le béton, on améliorerait la résistance thermique du mur (donc sa capacité à isoler) d'environ :

- A) 1 %
- B) 5 %
- C) 8%
- D) 10%

Marion Downs (1914–2014)

Marion Downs était une audiologiste américaine pionnière du dépistage auditif chez les nouveau-nés. Elle a développé les premiers tests systématiques de détermination des niveaux sonores, permettant une détection précoce de la surdité. Ses travaux ont révolutionné la prévention et la prise en charge des troubles auditifs chez l'enfant.



Étudions un son émis lors d'un test, dont l'intensité sonore est $I = 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

38) La formule reliant le niveau d'intensité sonore L et l'intensité sonore I est :

- A) $L = 20 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$
- B) $L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$
- C) $L = I_0 \cdot 10^{\frac{I}{10}}$
- D) $L = 10^{\frac{I}{I_0}}$

39) Le niveau d'intensité sonore du son émis lors de ce test vaut donc :

- A) 80 dB
- B) 40 dB
- C) 10^4 dB
- D) Aucune de ces réponses n'est correcte

40) Si on doublait l'intensité sonore de ce son, le niveau d'intensité sonore :

- A) serait doublé
- B) augmenterait de 2 dB
- C) augmenterait de 3 dB
- D) augmenterait de 10 dB

41-LE GROSSISSEMENT EN OPTIQUE : ETUDE D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE

On considère une lunette astronomique formée :

- d'un objectif constitué d'une lentille mince convergente de distance focale $f_1 = \overline{O_1F_1} > 0$.
- d'un oculaire constitué d'une lentille mince convergente de distance focale $f_2 = \overline{O_2F_2} > 0$.

Ces deux lentilles ont même axe optique Δ . La lune est naturellement vue à l'œil nu sous un diamètre apparent noté α . La lunette astronomique est construite de sorte que l'observation de la lune à travers la lunette ne fatigue pas l'œil de l'observateur. Pour cela, l'image de la lune se fera à l'infini. Dans ce cas, on dit que le système optique est afocal.

1-Pour voir la planète nette à travers la lunette, on forme un système afocal.

Que cela implique-t-il pour les positions des lentilles ?

a- $\overline{O_1O_2} = f_1 + f_2$ b- $\overline{O_1O_2} = f_1$ c- $\overline{O_1O_2} = f_2$ d- $\overline{O_1O_2} = f_1 - f_2$

2-Réaliser le schéma de la lunette en prenant $f_1 = 4f_2$. Sur le schéma, dessiner le chemin suivi par un faisceau incident de lumière parallèle faisant un angle arbitraire α avec l'horizontale. Faire apparaître alors l'image intermédiaire A'B' de la lune au travers de la première lentille rencontrée ainsi que le diamètre apparent de l'image définitive, noté α' .

L'image est-elle a- droite ou b- renversée ?

3-La lunette est caractérisée par son grossissement $G = \alpha'/\alpha$. Exprimer G en fonction de f_1 et f_2 .

a- $G = f_1 \cdot f_2$ b- $G = f_2/f_1$ c- $G = f_1/f_2$

4-On veut augmenter le grossissement de cette lunette et redresser l'image. Pour cela, on interpose entre L_1 et L_2 , une lentille convergente L_3 de distance focale $f_3 = \overline{O_3F_3} > 0$ qu'on place de telle sorte que l'image finale à travers l'ensemble soit à l'infini.

Quel couple de points doit conjuguer pour qu'il en soit ainsi ?

a- F_1 et F_2 b- F_1 et F_2 c- F_3 et F_2' d- F_3' et F_2

5-On appelle γ_3 , le grandissement de la lentille L_3 . En déduire $\overline{O_3F_1'}$ en fonction de f_3 et γ_3 .

a- $\overline{O_3F_1'} = f_3 \left(\frac{1}{\gamma_3} + 1 \right)$ b- $\overline{O_3F_1'} = f_3 \left(-\frac{1}{\gamma_3} + 1 \right)$ c- $\overline{O_3F_1'} = f_3 \left(\frac{1}{\gamma_3} - 1 \right)$

6-Faire un schéma. (On placera O_3 entre F_1' et F_2 mais pas au milieu et on appellera $\overline{A'B'}$ la première image intermédiaire et $\overline{A''B''}$ la seconde image intermédiaire).

En déduire le nouveau grossissement G' en fonction de γ_3 et G.

a- $G' = -\gamma_3 G$ b- $G' = -G / \gamma_3$

7-L'image finale est a-droite b-renversée

2ieme partie :

Exercice 1 : Étude d'une harpe électrique au service des abeilles domestiques

Depuis quelques années, les apiculteurs sont confrontés à l'invasion de frelons asiatiques, qui s'attaquent aux abeilles de leur rucher. Pour s'en protéger, ils peuvent placer à proximité de la ruche une harpe électrique (figure 1) alimentée par un panneau solaire. Au contact de deux fils de la harpe, le frelon s'électrocute puis se noie dans un bac d'eau disposé en dessous de la harpe.



Figure 1 – Harpe électrique

Cet exercice étudie la taille du fil en inox présent sur la harpe, le système d'alimentation de la harpe et le module électrique permettant de créer les décharges électriques neutralisant les frelons asiatiques.

1. Taille du fil en inox présent sur la harpe

La harpe électrique est composée de fils en inox verticaux espacés de 2,7 cm, largeur suffisante pour laisser passer les abeilles, mais pas les frelons asiatiques. Néanmoins, pour ne pas être vus par les frelons, les fils doivent avoir un diamètre maximum de l'ordre de grandeur de 0,5 mm.

Pour s'assurer de la valeur du diamètre d'un fil affichée à 0,45 mm sur une bobine pressentie pour fabriquer une harpe électrique, on utilise le dispositif schématisé sur la figure 2. Un fil de diamètre a est positionné sur le trajet d'un faisceau laser de longueur d'onde λ et un écran est placé à une distance D du fil. Une série de taches lumineuses apparaît sur l'écran.

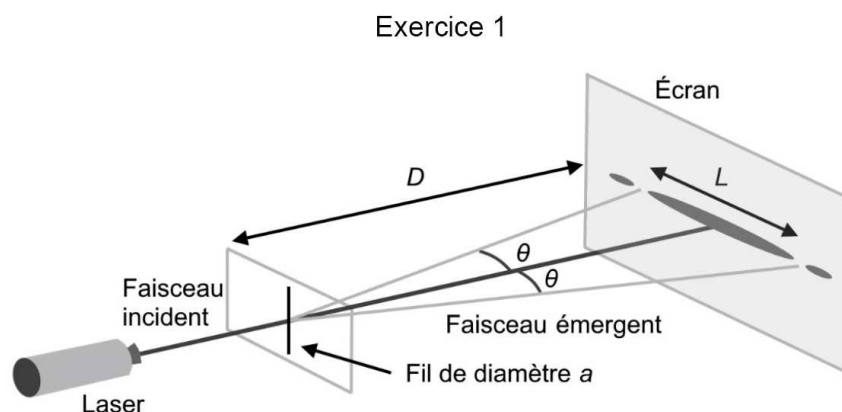


Figure 2 – Schéma du montage expérimental

La largeur L de la tache lumineuse centrale est directement mesurée sur l'écran. Les extrémités de cette tache centrale sont repérées par un angle θ défini par rapport à la direction du faisceau incident et celle du faisceau émergent.

Données :

Pour des angles θ très petits (exprimés en radians) :

- $\tan \theta = \theta$;
- l'angle θ dépend de la longueur d'onde λ du laser et du diamètre a du fil : $\theta = \frac{\lambda}{a}$.

Q.1. Nommer le phénomène physique observé sur l'écran.

Q.2. Exprimer l'angle caractéristique θ en fonction de la largeur L de la tache centrale et de la distance D , à l'aide de la figure 2 et en utilisant l'approximation des petits angles.

Q.3. En déduire la relation qui donne la largeur L de la tache centrale en fonction de la longueur d'onde λ , du diamètre a du fil et de la distance D entre le fil et l'écran. Montrer qu'il y a proportionnalité entre L et $\frac{1}{a}$.

Pour déterminer précisément la valeur du diamètre du fil pressenti pour fabriquer la harpe, on réalise un étalonnage à l'aide de six fils calibrés de diamètre connu. Pour chacun d'eux, on mesure la largeur de la tache centrale L observée sur l'écran. On obtient le tableau de mesures suivant :

a (μm)	40	50	100	120	280	400
L (cm)	9,50	7,40	3,95	3,20	1,35	1,00

On trace le graphe $L = f(1/a)$:

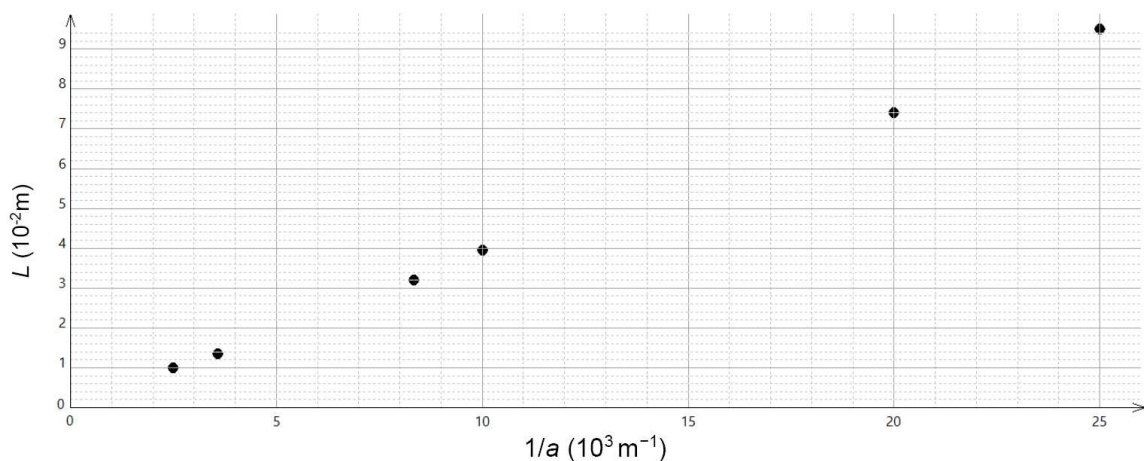


Figure 3 – Représentation graphique de L en fonction de $1/a$

Q.4. Justifier que les résultats expérimentaux de la figure 3 sont compatibles avec la modélisation

$$L = k \times \frac{1}{a} \text{ où } k \text{ est une constante.}$$

Q.5. Déterminer la valeur de k en précisant la méthode utilisée.

Une modélisation de la série de mesures permet d'obtenir $k = 3,85 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ et $u(k) = 0,05 \times 10^{-6} \text{ m}^2$.

Le montage expérimental de la figure 2 est utilisé avec le fil dont on cherche à vérifier le diamètre a . La mesure de la largeur de la tache centrale pour ce fil est $L = 8,0 \text{ mm}$ avec une incertitude-type $u(L) = 0,5 \text{ mm}$.

Q.6. Calculer la valeur du diamètre a de ce fil à partir de la modélisation.

L'incertitude-type $u(a)$ sur la valeur a du diamètre expérimental du fil est donnée, dans les conditions

de la série de mesures, par la relation suivante : $u(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{u(k)}{k}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$.

Pour décider de la compatibilité du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$ où x est la valeur mesurée, x_{ref} la valeur de référence et $u(x)$ l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x .

Q.7. Calculer la valeur de l'incertitude-type $u(a)$ associée à la valeur expérimentale de a .

Q.8. Vérifier que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence affichée sur la bobine ($a_{ref} = 0,45 \text{ mm}$). Conclure quant à l'usage ou non de ce fil pour construire une harpe électrique.

Exercice 2 : Le cyclotron Arronax

Mis en service en 2008 à Nantes, l'accélérateur de particules Arronax est un cyclotron.

Il permet de produire des radioisotopes utilisés dans les traitements médicaux et pour la recherche en médecine nucléaire.



D'après chu-nantes.fr/le-cyclotron-arronax

L'objectif de cet exercice est d'étudier le fonctionnement général d'un cyclotron pour permettre la production de radioisotopes puis d'étudier leur utilisation lors d'une scintigraphie.

1. Le fonctionnement d'un cyclotron

Un cyclotron est un accélérateur de particules, inventé par M. Lawrence en 1931.

Il est composé de deux cavités métalliques en forme de demi-cylindres éloignées d'une distance notée d . Un canon permet de produire les particules chargées introduites dans le dispositif.

Entre les deux cavités, une tension alternative U est appliquée. Elle crée un champ électrique $\vec{E}$. Les particules utilisées sont des ions H^- obtenus à partir d'atomes d'hydrogène. Ils sont donc soumis, entre les deux cavités à une force électrique $\vec{F}_e$ qui les accélère.

À l'intérieur des deux cavités, un champ magnétique impose un mouvement circulaire uniforme aux particules présentes.

Au bout d'un certain nombre de tours, les ions H^- passent au travers d'un extracteur qui leur enlève leurs deux électrons. À la sortie, les protons H^+ formés sont dirigés vers une cible, pour produire les radioisotopes.

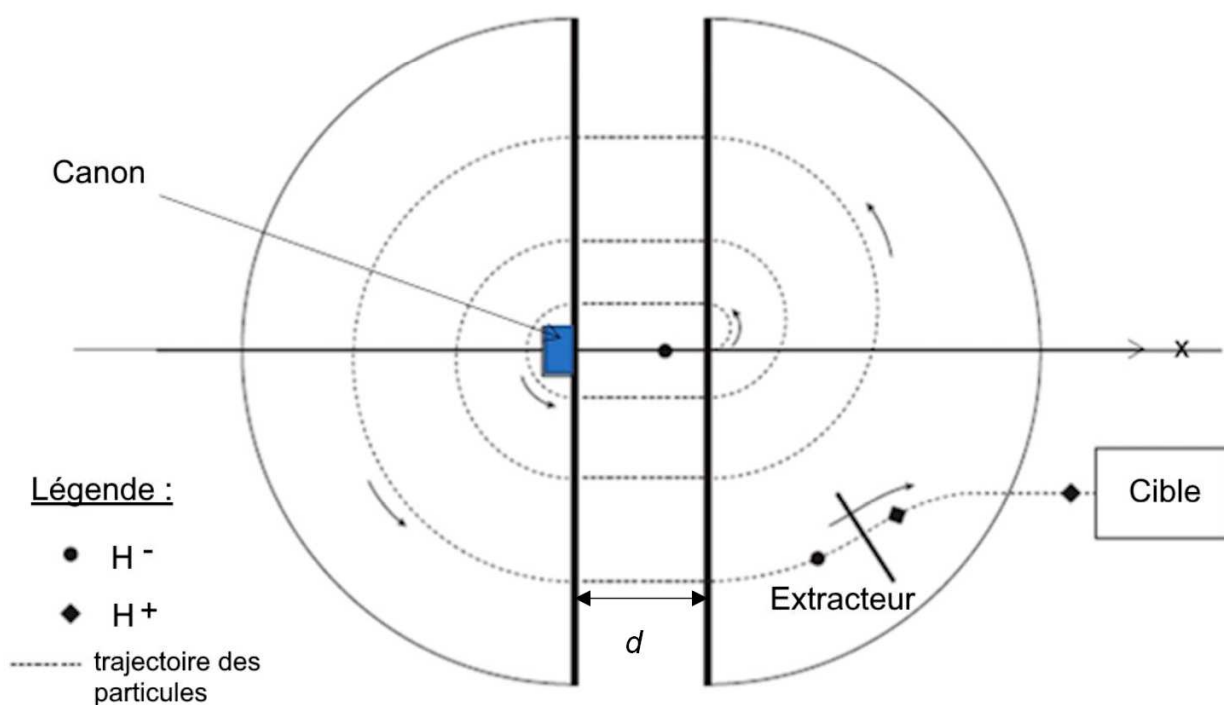


Figure 1 – Schéma simplifié d'un cyclotron

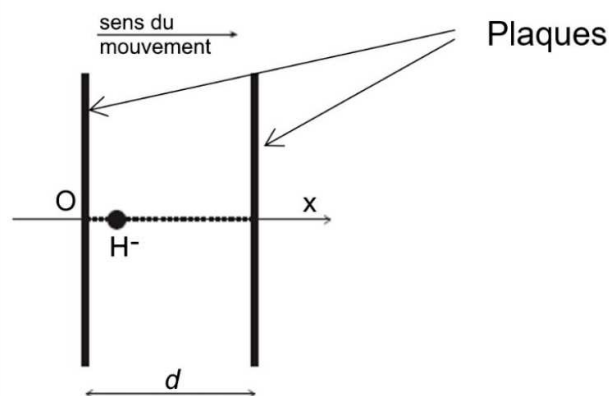


Figure 2 – Agrandissement de la zone accélétratrice lors de la sortie de H^- du canon

Le mouvement de l'ion H^- entre les plaques est étudié dans un référentiel supposé galiléen, associé à l'axe (Ox). L'ion H^- est émis au point O sans vitesse initiale.

Données :

- Masse de l'ion H^- : $m = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
- Charge de l'ion H^- : $q = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- Distance entre les plaques : $d = 5,0 \text{ mm}$;
- Tension appliquée entre les plaques : $U = 65 \text{ kV}$;
- Valeur du champ électrique : $E = \frac{U}{d}$;
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- Intensité du champ de pesanteur $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

- Q.1.** Montrer que la valeur de la norme du poids de l'ion H^- est négligeable devant la valeur de la norme de la force électrique $\vec{F}_e$ qui s'applique sur l'ion.
- Q.2.** Reproduire, sur la copie, la figure 2. Compléter ce schéma en faisant apparaître, sans soucis d'échelle, la force électrique $\vec{F}_e$ qui s'applique sur l'ion H^- et le champ électrique $\vec{E}$ présent dans tout l'espace entre les plaques.
- Q.3.** Exprimer l'accélération a_x de l'ion H^- dans la zone accélératrice en fonction de e , U , d et m , en utilisant la deuxième loi de Newton.
- Q.4.** Montrer alors que la vitesse et la position de l'ion H^- lors du passage dans la zone accélératrice, sur l'axe x , peuvent s'écrire :

$$v_x(t) = \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \times t$$
$$x(t) = \frac{1}{2} \times \frac{e \cdot U}{m \cdot d} \times t^2$$

- Q.5.** Calculer la valeur de la vitesse v_{sortie} de l'ion H^- après le premier passage dans la zone accélératrice lorsque $x(t) = d$.
- Q.6.** Vérifier que l'énergie cinétique de l'ion H^- à la sortie de la zone accélératrice vaut $E_C = 1,0 \times 10^{-14} \text{ J}$.

À chaque passage entre les plaques, les particules gagnent une énergie cinétique égale à $1,0 \times 10^{-14} \text{ J}$. Par contre, les particules n'acquièrent pas d'énergie cinétique dans les cavités.

En sortie du cyclotron, les particules possèdent une énergie cinétique de 70 MeV.

Q.7. Calculer le nombre de tours complets que les particules ont effectués avant la sortie du cyclotron.

Pour cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée.

Exercice 3 - L'astéroïde 2024 PT5

L'astéroïde 2024 PT5 a fait l'objet de plusieurs parutions d'articles scientifiques. Deux extraits sont présentés ci-dessous.

« C'est un tout petit bout de Système solaire qui fait beaucoup parler de lui. À compter du 29 septembre, le petit astéroïde 2024 PT5 va se placer en orbite autour de la Terre. Il va rester deux mois sous l'attraction gravitationnelle de notre planète avant de s'en aller. Une deuxième lune temporaire qu'on ne pourra malheureusement pas distinguer à l'œil nu. »

<https://www.cite-espace.com/actualites-spatiales/une-seconde-lune-pendant-deux-mois/>, le 27 septembre 2024

« Vous vous souvenez certainement de 2024 PT5. Cet astéroïde, découvert en août dernier, est venu orbiter autour de la Terre entre novembre et janvier, au point qu'il a été surnommé la " Seconde Lune ". Ce corps rocheux, de la taille d'un bus, a passé plusieurs mois à proximité de notre planète sans jamais être capturé par sa gravité. »

<https://www.cite-espace.com/actualites-spatiales/la-seconde-lune-serait-un-morceau-de-la-lune/>, le 29 janvier 2025

L'objectif de cet exercice est d'expliquer pourquoi l'astéroïde 2024 PT5 n'a pas été « *capturé par la gravité* » de la Terre, puis de justifier l'affirmation selon laquelle on ne pouvait pas le distinguer à l'œil nu.

1. Mouvement autour de la Terre

Dans cette partie, on étudie l'action gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune, puis sur l'astéroïde 2024 PT5.

On s'intéresse au mouvement du centre de masse L de la Lune dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. On travaille dans le repère de Frenet ($L, \vec{u}_t, \vec{u}_n$) comme indiqué sur la figure 1. Le mouvement du centre de masse L est supposé circulaire uniforme.

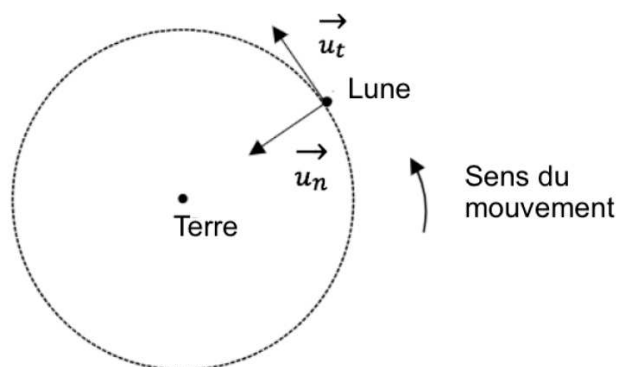


Figure 1. Étude du mouvement de la Lune dans le repère de Frenet

Données

- valeurs des masses de quelques astres :
 - masse de la Terre : $M_T = 5,972 \times 10^{24} \text{ kg}$,
 - masse du Soleil : $M_S = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$,
 - masse de la Lune : $M_L = 7,360 \times 10^{22} \text{ kg}$;
- valeur moyenne de la distance Terre-Soleil : $d_{T/S} = 1,496 \times 10^8 \text{ km}$;
- la force gravitationnelle exercée par un corps A de masse m_A sur un corps B de masse m_B , distant de $d_{A/B}$, est donnée par la relation :

$$F_{A/B} = \frac{G \cdot m_A \cdot m_B}{d_{A/B}^2}$$

- constante universelle de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$;
- définition de l'unité astronomique (au) : $1 \text{ au} = 1,496 \times 10^8 \text{ km}$.

La distance du centre de la Terre au centre de la Lune est notée $d_{T/L}$.

Q1. Donner l'expression vectorielle de la force $\vec{F}_{T/L}$ exercée par la Terre sur la Lune.

Q2. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'expression de la vitesse v_L de la Lune est donnée par la relation :

$$v_L = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{d_{T/L}}}$$

Q3. Déterminer l'expression de la période de révolution T de la Lune autour de la Terre, en fonction de la distance $d_{T/L}$, puis vérifier que l'on peut retrouver l'expression de la troisième loi de Kepler :

$$\frac{T^2}{d_{T/L}^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_T}$$

La valeur de la période de révolution de la Lune autour de la Terre est de 27,3 jours.

Q4. Calculer la valeur de la distance Terre-Lune $d_{T/L}$.

La sphère de Hill de la Terre désigne la région entourant la Terre, à l'intérieur de laquelle l'influence gravitationnelle de la Terre domine celle du Soleil. Dit autrement, la sphère de Hill correspond à la limite, à partir de laquelle l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur un objet est approximativement égale à celle exercée par le Soleil.

On peut déterminer le rayon de la sphère de Hill de la Terre, exprimé en km, à partir de la relation suivante :

$$r_{\text{Hill}} = d_{T/S} \cdot \sqrt[3]{\frac{M_T}{3 \cdot M_S}}$$

avec :

- M_S : masse du Soleil en kg ;
- M_T : masse de la Terre en kg ;
- $d_{T/S}$: distance Terre-Soleil en km.

Q5. Calculer la valeur du rayon de la sphère de Hill de la Terre.

Q6. Indiquer si la Lune se situe dans la sphère de Hill de la Terre.

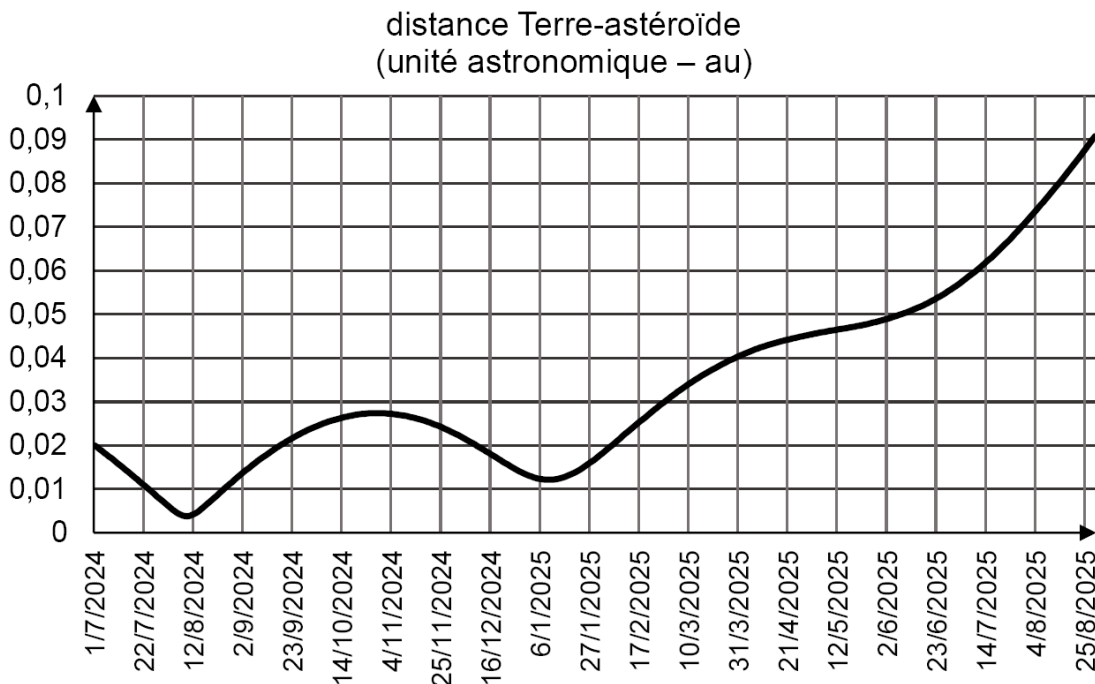


Figure 2. Distance (en unité astronomique) entre la Terre et l'astéroïde 2024 PT 5, du 1^{er} juillet 2024 au 25 août 2025. D'après <https://ssp.imcce.fr/forms/ephemeris>.

Q7. À l'aide de la figure 2 et des réponses précédentes, donner un argument permettant d'expliquer la phrase de l'article « *l'astéroïde est venu orbiter autour de la Terre entre novembre et janvier, sans jamais être capturé par sa gravité* ».

2. Observation de l'astéroïde à l'œil nu

La taille de l'astéroïde est estimée à $d = 11$ m. Le 9 août 2024, il est passé au plus près de la Terre, à une distance $d_{A/T} = 5,67 \times 10^5$ km.

Données :

- un objet AB est vu sous un angle θ par l'œil (figure 3). Le pouvoir séparateur de l'œil humain, noté ε , est la valeur minimale de l'angle θ sous lequel les deux points A et B peuvent être vus séparément. L'objet AB peut donc être vu distinctement par l'œil si $\theta > \varepsilon$;

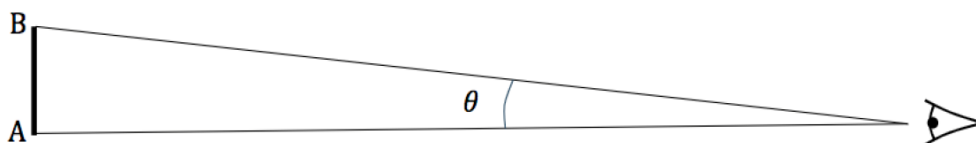


Figure 3. Observation à l'œil nu d'un objet AB

- pouvoir séparateur de l'œil de l'observateur : $\varepsilon = 3,0 \times 10^{-4}$ rad ;
- pour des angles très petits, exprimés en radian : $\tan \theta \approx \theta$.

Q8. Montrer que la valeur de l'angle θ est égale à $1,9 \times 10^{-8}$ rad lorsque l'observateur cherche à observer à l'œil nu deux points diamétralement opposés de l'astéroïde situé à la distance $d_{A/T}$.

Q9. En ne tenant compte que du pouvoir séparateur de l'œil, commenter la phrase de l'article : « *Une deuxième lune temporaire qu'on ne pourra malheureusement pas distinguer à l'œil nu* ».

Exercice 4 : Le sprinkler, un dispositif d'extinction automatique

Sécurité incendie

Dans les établissements recevant du public, comme les supermarchés, les entrepôts ou encore les parkings souterrains, la sécurité incendie est une priorité. Il est donc essentiel de mettre en place des dispositifs de prévention et de protection des occupants et des biens.

Un sprinkler est un système fixe d'extinction automatique à eau. Il est constitué d'une ampoule qui obstrue la sortie d'eau d'une canalisation, comme l'indique la photographie de la figure 5.

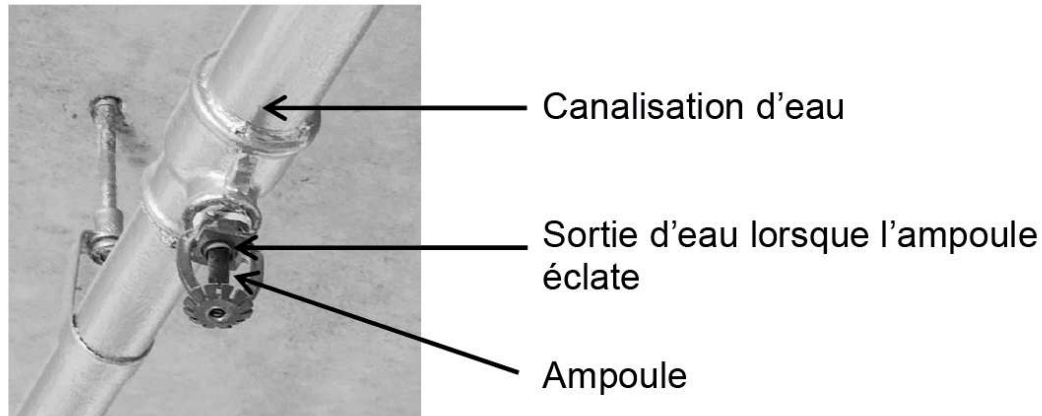


Figure 5. Photographie d'un sprinkler

Lors d'un incendie, l'augmentation de la température provoque la dilatation de l'ampoule puis sa rupture, déclenchant ainsi la projection de l'eau sur la zone à protéger.

Le but de cette partie est de déterminer la durée nécessaire pour qu'un sprinkler se déclenche après que l'incendie s'est déclaré. Cette durée est liée aux conditions ambiantes présentes lors de l'incendie et aux caractéristiques propres du sprinkler. Parmi ces dernières, deux sont essentielles :

- la température de rupture de l'ampoule ;
- l'indice de temps de réponse, noté R_{TI} (Response Time Index) : plus il est faible, plus l'ampoule du sprinkler se rompt rapidement lors d'un départ de feu.

Afin de déterminer l'indice de temps de réponse R_{TI} du sprinkler étudié, on réalise au laboratoire l'expérience suivante :

- on mesure la valeur de la température initiale θ_0 du sprinkler, à l'aide d'un thermomètre infrarouge : $\theta_0 = 22^\circ \text{C}$;
- on place le sprinkler dans un courant d'air chaud de température $\theta_{\text{ext}} = 54^\circ \text{C}$ et de vitesse $v = 5,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et on déclenche simultanément un chronomètre ;
- on relève la température θ de l'ampoule du sprinkler toutes les 5 secondes, à l'aide d'un thermomètre infrarouge pour tracer la courbe de la figure 6.

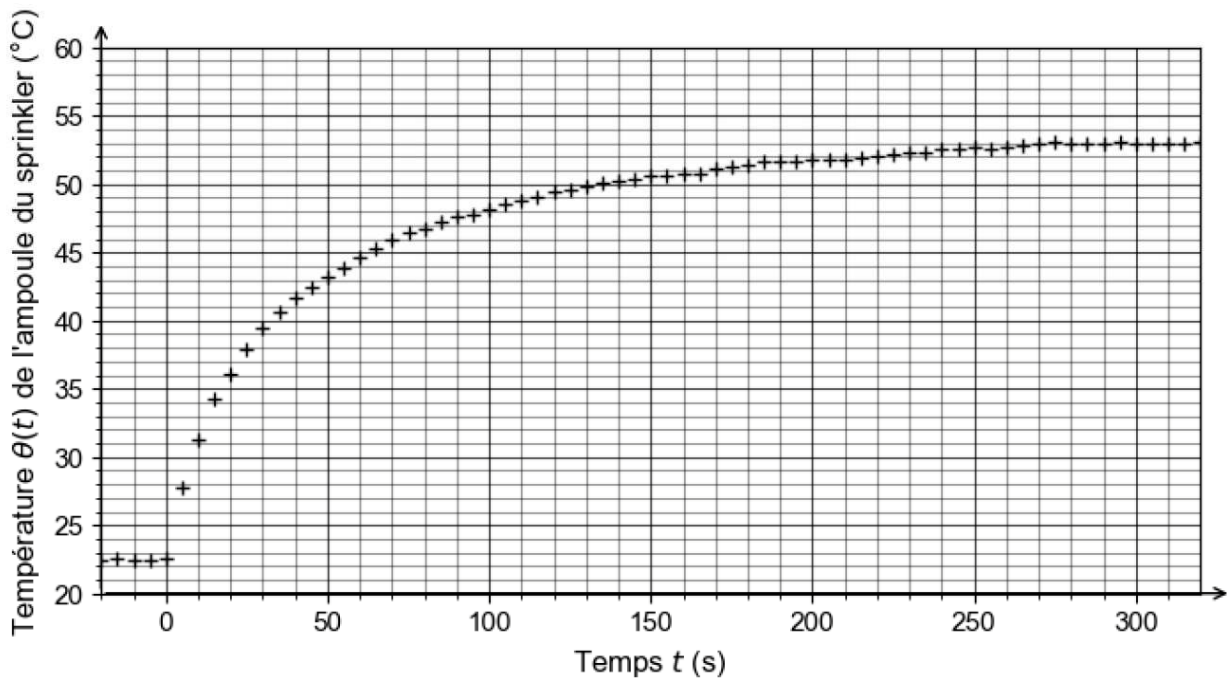


Figure 6. Évolution de la température θ de l'ampoule du sprinkler au cours du temps (Mesures réalisées au laboratoire)

Q4. Indiquer dans quel sens s'effectue le transfert thermique entre l'ampoule du sprinkler et l'air extérieur dans l'expérience réalisée au laboratoire. Justifier.

L'ampoule du sprinkler à la température $\theta(t)$ (en °C) échange de l'énergie par transfert thermique avec l'air extérieur à la température θ_{ext} (en °C). Ce transfert thermique est modélisé par la loi phénoménologique de Newton :

$$\phi = \epsilon \cdot S \cdot \sqrt{v} \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$$

- ϕ est le flux thermique entre l'air extérieur et l'ampoule en watt (W) ;
- ϵ est une constante en $\text{W} \cdot \text{m}^{-5/2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$;
- v est la vitesse de l'air en mètre par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) ;
- S la surface extérieure de l'ampoule en mètre carré (m^2).

La variation d'énergie interne ΔU (en J) de l'ampoule de capacité thermique C (en $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$) qui subit une variation de température $\Delta\theta$ (en °C) est donnée par la relation : $\Delta U = C \cdot \Delta\theta$.

On négligera les autres transferts d'énergie entre l'ampoule et l'extérieur.

Q5. En appliquant le premier principe de la thermodynamique à l'ampoule pendant une durée Δt , montrer que :

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\epsilon \cdot S \cdot \sqrt{v}}{C} \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$$

La relation précédente conduit à l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = -\frac{1}{\tau} \theta(t) + \frac{\theta_{\text{ext}}}{\tau}, \text{ avec } \tau = \frac{C}{\epsilon \cdot S \cdot \sqrt{v}}.$$

Q6. Résoudre l'équation différentielle pour établir que l'expression de la température $\theta(t)$ de l'ampoule en fonction du temps est :

$$\theta(t) = \theta_{\text{ext}} + (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

On suppose que la température initiale de l'ampoule est $\theta_0 = 22^\circ \text{C}$ et qu'elle est placée dans un courant d'air chaud de température $\theta_{\text{ext}} = 54^\circ \text{C}$.

Q7. À la date $t = \tau$, calculer la valeur $\theta(\tau)$ de la température de l'ampoule.

Q8. En déduire, à partir d'une lecture graphique sur la courbe de la figure 6, la valeur du temps caractéristique τ .

Le temps caractéristique τ (en s) est propre à l'expérience réalisée au laboratoire. Il permet de déterminer l'indice de temps de réponse du sprinkler, noté R_{TI} (en $\text{m}^{1/2} \cdot \text{s}^{1/2}$). Ces deux grandeurs sont liées entre elles par la relation :

$$\tau = \frac{R_{\text{TI}}}{\sqrt{v}}$$

où v est la vitesse du courant d'air chaud, exprimée en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Dans l'expérience réalisée au laboratoire, on rappelle que $v = 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q9. Calculer la valeur de l'indice de temps de réponse R_{TI} du sprinkler étudié.

Le sprinkler étudié est installé dans un entrepôt à la température de 15°C . Ses caractéristiques sont les suivantes :

- température de rupture : $\theta_{\text{rupt}} = 68^\circ \text{C}$;
- indice de temps de réponse : $R_{\text{TI}} = 90 \text{ m}^{1/2} \cdot \text{s}^{1/2}$.

Quelques dizaines de secondes après le début d'un violent incendie, des fumées à la température de 200°C s'écoulent autour du sprinkler à la vitesse $v_{\text{fumée}} = 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q10. En utilisant la solution $\theta(t) = \theta_{\text{ext}} + (\theta_0 - \theta_{\text{ext}}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ de l'équation différentielle, déterminer l'expression de la durée nécessaire, notée t_{rupt} , pour que le sprinkler se déclenche à partir du moment où les fumées arrivent à son contact. On exprimera t_{rupt} en fonction de θ_{rupt} , θ_0 , θ_{ext} et τ . Calculer la valeur de t_{rupt} .

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter correctement sa démarche, même non aboutie, car elle sera évaluée.

	A	B	C	D
1	☐	☐	☐	☐
2	☐	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐	☐
4	☐	☐	☐	☐
5	☐	☐	☐	☐
	A	B	C	D
6	☐	☐	☐	☐
7	☐	☐	☐	☐
8	☐	☐	☐	☐
9	☐	☐	☐	☐
10	☐	☐	☐	☐

	A	B	C	D
11	☐	☐	☐	☐
12	☐	☐	☐	☐
13	☐	☐	☐	☐
14	☐	☐	☐	☐
15	☐	☐	☐	☐
	A	B	C	D
16	☐	☐	☐	☐
17	☐	☐	☐	☐
18	☐	☐	☐	☐
19	☐	☐	☐	☐
20	☐	☐	☐	☐

	A	B	C	D
21	☐	☐	☐	☐
22	☐	☐	☐	☐
23	☐	☐	☐	☐
24	☐	☐	☐	☐
25	☐	☐	☐	☐
	A	B	C	D
26	☐	☐	☐	☐
27	☐	☐	☐	☐
28	☐	☐	☐	☐
29	☐	☐	☐	☐
30	☐	☐	☐	☐

	A	B	C	D
31	☐	☐	☐	☐
32	☐	☐	☐	☐
33	☐	☐	☐	☐
34	☐	☐	☐	☐
35	☐	☐	☐	☐
	A	B	C	D
36	☐	☐	☐	☐
37	☐	☐	☐	☐
38	☐	☐	☐	☐
39	☐	☐	☐	☐
40	☐	☐	☐	☐

41- LE GROSSISSEMENT EN OPTIQUE

	a	b	c	d
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				