

METHODES PHYSIQUE

MECANIQUE – DESCRIPTION DU MOUVEMENT

Cours :

Donner le nom des 3 référentiels :

Définir le vecteur vitesse et accélération

Coordonnées des vecteurs vitesses et accélération dans le repère de Frenet

Définir mouvement rectiligne, uniforme, accéléré, ralenti, circulaire, curviligne

Etablir les coordonnées cartésiennes de la vitesse et accélération :

- 1) Pour obtenir la vitesse, on dérive les coordonnées de la position
- 2) Pour obtenir l'accélération, on dérive les coordonnées de la vitesse trouvées précédemment.

Polynésie 2022 SI :

On étudie le vol d'un parapente et de son pilote assimilé à un point matériel G (figure 1.) situé au centre de masse du système {pilote + parapente}. Un vol droit équilibré est un vol au cours duquel la trajectoire est rectiligne et **sans variation de vitesse**. L'air environnant est supposé immobile.

Les coordonnées cartésiennes de G(x,y), dans le repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$), obtenues après modélisation s'expriment en fonction du temps :

$$\begin{cases} x(t) = 11,0 \times t \\ y(t) = -1,1 \times t \end{cases}$$

Dans ces relations, x(t) et y(t) sont exprimés en mètres et t en secondes

1. Déterminer les composantes du vecteur vitesse du système puis la valeur de la vitesse du système en m·s⁻¹ puis en km·h⁻¹ du parapentiste.
2. Vérifier, à partir des résultats de la question précédente, la nature rectiligne uniforme du mouvement. En déduire son vecteur accélération.

Calculer une vitesse ou accélération moyenne :

$$v = \frac{d}{t} \text{ et } a = \frac{v}{t}$$

Métropole 2021 SI :

Les constructeurs caractérisent l'accélération d'une voiture en donnant la durée nécessaire pour que la voiture atteigne 100 km/h. Dans le cas de la voiture étudiée, on mesure, par suivi de la vitesse donnée sur le tableau de bord, une durée de 8,3 s.

2. Déterminer la valeur de l'accélération moyenne de la voiture.

Décrire un mouvement :

- Si la trajectoire est une droite, le mouvement est **rectiligne** :



- Si la trajectoire est un cercle, le mouvement est **circulaire** :



- Si la trajectoire est une courbe, le mouvement est **curviligne** :



On peut aussi classer les mouvements en fonction de la vitesse du point mobile :

- Si la vitesse diminue, le mouvement est **ralenti ou décéléré**.



- Si la vitesse est constante, le mouvement est **uniforme**



- Si la vitesse augmente, le mouvement est **accélééré**



Amérique du Nord 2022 SI :

	Les points représentent les positions du centre de masse G du système à des intervalles de temps réguliers. Sens du mouvement →
A	
B	
C	

Décrire les mouvements A, B et C

.....

.....

Métropole 2022 :

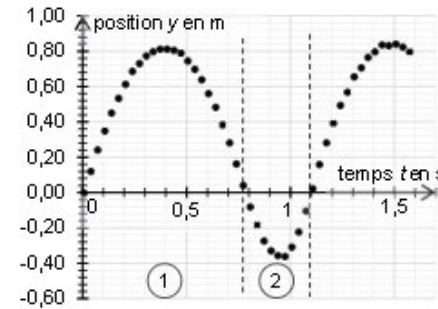


Figure 2a. Courbe représentant $y(t)$

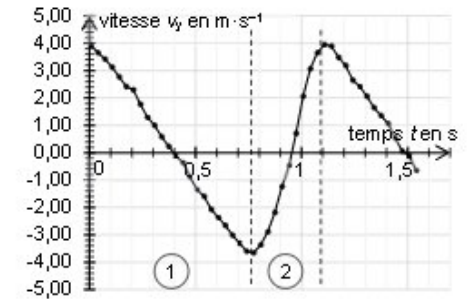


Figure 2b. Courbe représentant $v_y(t)$

Q1. Décrire qualitativement, selon l'axe Oy , le mouvement de la balle lors de la phase ② à l'aide des figures 2a et 2b.

Antilles 2019 :

1. Prise d'élan

La prise d'élan se fait sur une distance d'environ 40 m. Pour le perchiste, l'objectif est de parvenir avec une vitesse maximale au moment de l'impulsion (début de la phase ascendante). Si le perchiste atteint trop rapidement sa vitesse maximale, il s'épuise et risque d'arriver au moment de l'impulsion avec une vitesse trop faible. Il doit donc gérer son effort. Pour cela, ce n'est que dans les derniers mètres, lorsqu'il approche du sautoir, qu'il rythme davantage sa course pour atteindre sa vitesse maximale.

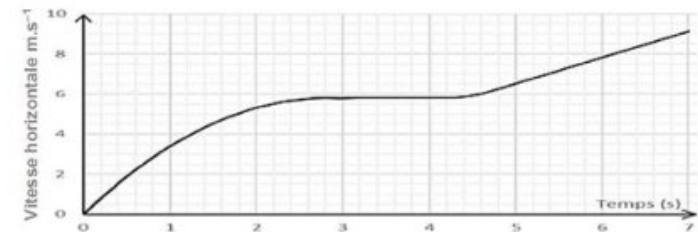


Figure 2 : Vitesse horizontale (selon l'axe Ox) du perchiste au cours du temps lors de la phase d'élan

- Entre 3,0 s et 4,0 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier votre réponse.
- Entre 5,5 s et 6,5 s, estimer la valeur de l'accélération du perchiste.
- Entre 5,5 s et 6,5 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier votre réponse.

.....

.....

Représenter graphiquement un vecteur vitesse ou accélération :

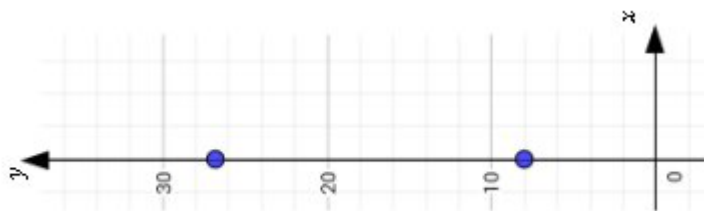
Pour tracer $\vec{v}_2$:

- 1) Calculer M_2M_3 (attention à l'échelle du dessin)
- 2) $v_2 = \frac{M_2M_3}{\Delta t}$ puis convertir cette valeur à l'échelle du plan
- 3) Tracer le vecteur $\vec{v}_2$ en joignant M_2M_3

Pour tracer $\vec{a}_2$:

- 1) Tracer les vecteurs $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_3$
- 2) Tracer le vecteur $\Delta\vec{v} = \vec{v}_3 - \vec{v}_1$
- 3) Mesurer la longueur Δv et la convertir avec l'échelle puis calculer $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ et convertir avec l'échelle de l'accélération.
- 4) Tracer $\vec{a}_2$ qui est colinéaire à $\Delta\vec{v}$

Amérique du sud 2022 :



Représenter sur un schéma le vecteur vitesse du point M aux instants t_1 et t_2 en utilisant l'échelle de représentation suivante : 1 cm sur votre feuille correspond à $6,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2011 Réunion :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

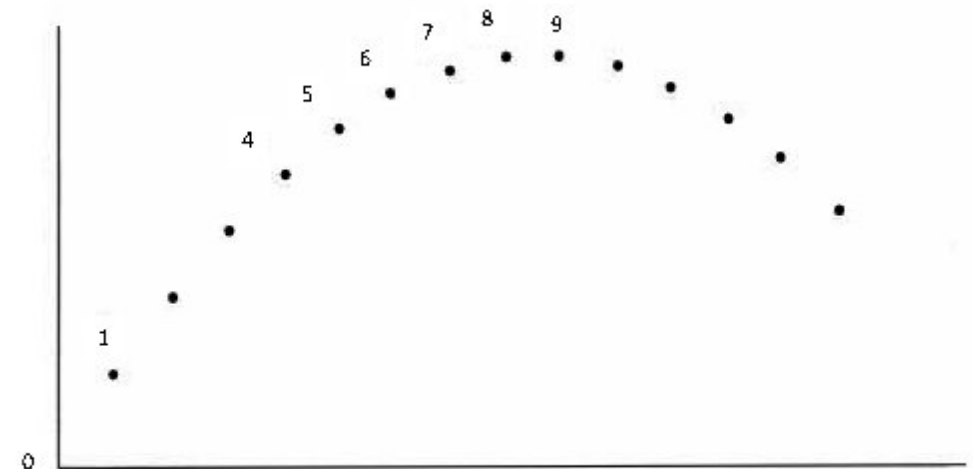
.....

.....

.....

.....

Document : positions du dauphin



Échelle du document : 1 cm pour 0,50 m

Durée entre 2 positions : 0,10 s

II.4 Les positions du centre d'inertie du dauphin sont données à intervalles de temps réguliers sur le **document de l'ANNEXE 2, page 10/10 à remettre avec la copie**, l'échelle du document est 1 cm pour 0,50 m, la durée entre deux positions est $\Delta t = 0,10 \text{ s}$.

II.4.1 A partir du **document de l'ANNEXE 2, page 10/10 à remettre avec la copie**, déterminer la valeur de la vitesse du centre d'inertie du dauphin aux points 4 et 6. On les notera V_4 et V_6

II.4.2 Tracer les vecteurs $\vec{v}_4$ et $\vec{v}_6$ sur le **document de l'ANNEXE 2, page 10/10 à remettre avec la copie**, en utilisant l'échelle : 1 cm pour $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

II.4.3 Construire sur le **document de l'ANNEXE 2, page 10/10 à remettre avec la copie** le vecteur $\Delta\vec{v} = \vec{v}_6 - \vec{v}_4$ au point 5 et déterminer sa valeur en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ en utilisant l'échelle précédente.

II.4.4 En déduire la valeur a_5 du vecteur accélération $\vec{a}_5$, vecteur accélération au point 5. Le représenter sur le **document de l'ANNEXE 2, page 10/10 à remettre avec la copie** en choisissant comme échelle de représentation : 1 cm pour $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Exploiter un repère de Frenet

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u}_t + \frac{v^2}{r} \vec{u}_n$$

Polynésie 2015 :

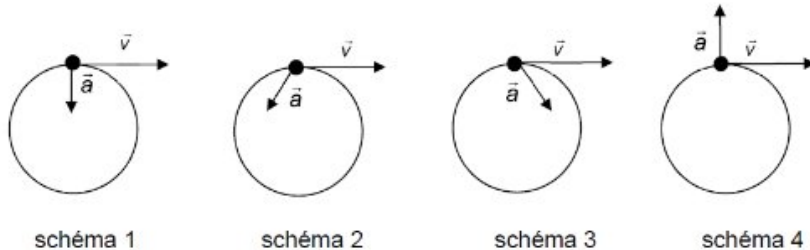
1. Étude du mouvement du boulet avant le lâcher du marteau par l'athlète

Pour simplifier l'étude, on suppose que l'athlète tourne sur elle-même autour d'un axe immobile vertical et que son bras est toujours tendu. Dans le référentiel terrestre, le mouvement du boulet est alors supposé plan et circulaire, accéléré dans un premier temps puis uniforme dans un deuxième temps.

1.1. À partir de la définition du vecteur accélération $\vec{a}$, justifier qualitativement l'existence d'une accélération lors d'un mouvement circulaire.

1.2. En justifiant la réponse, choisir parmi les schémas ci-dessous, celui qui correspond à un mouvement circulaire accéléré puis celui qui correspond à un mouvement circulaire uniforme.

Sur chaque schéma, les vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$ sont représentés en un point de la trajectoire du boulet en vue de dessus.



Python :

Compléter des formules du langage formelle au langage Python :

Asie 2021 :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t \end{cases}$$

```

5. g = 9.81 # Intensité du champ de pesanteur en m / s²
6.
7. v0 = float(input("valeur de la vitesse initiale(en m/s) : v0 = "))
8. alpha = float(input("valeur de l'angle de tir(en degré) : alpha = "))
9.
10. # Tracé des courbes horaires
11.
12. t=np.linspace(0,0.65,100)
13. for i in t :
14.     x = v0*cos(alpha*pi/180)*t #calcul de x à la date t
15.     y = -0.5*g*t**2+            *t #calcul de y à la date t
16.
17. plt.plot(t,x,'k--',label='x en fonction de t')
18. plt.plot(t,y,'k',label='y en fonction de t')
19.

```

7. Préciser ce qui est caché par le rectangle gris dans la ligne 15 du programme (expression ou valeur).

.....

.....

ELECTRICITE

Cours :

Exprimer l'intensité en fonction de la charge :

Citer des ordres de grandeurs de valeurs de capacités usuelles

Donner la relation entre charge et tension d'un condensateur, Loi d'Ohm :

Discuter de la capacité d'un condensateur en fonction de sa géométrie :

Lorsqu'une grandeur au numérateur augmente, la grandeur totale augmente (S)

Lorsqu'une grandeur au dénominateur augmente, la grandeur totale diminue (l)

$$\text{On a : } C = \frac{\epsilon \times S}{l}$$

l : largeur entre les plaques ; S : surface ϵ : permittivité du vide (constante)

2023 Nouvelle Calédonie :

Le capteur d'humidité comprend un condensateur plan pouvant être schématisé de la manière suivante (figure 2) :



Figure 2 : Représentation schématique d'un condensateur plan

La capacité d'un tel condensateur est exprimée par la relation suivante : $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{l}$.

Les grandeurs physiques apparaissant dans cette équation sont respectivement :

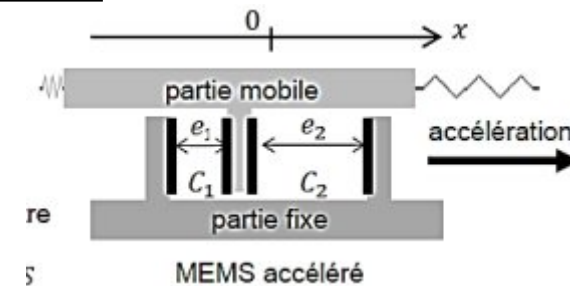
- C la capacité du condensateur en farads (F) ;
- ϵ_0 la permittivité du vide, l'une des constantes fondamentales de la physique ;
- ϵ_r la permittivité relative du milieu, caractéristique variable d'un environnement à un autre (grandeur sans unité) ;
- S la surface des armatures du condensateur plan qui se font face ;
- l la distance entre les deux armatures.

Le principe du capteur réside dans le fait que la capacité du condensateur change en fonction de la proportion d'eau présente dans le sol.

A.1. La permittivité de l'air est $\epsilon_{r,\text{air}} = 1,0$ alors que celle de l'eau est $\epsilon_{r,\text{eau}} = 80$. En déduire, parmi l'air et l'eau, le milieu pour lequel la capacité du condensateur sera la plus grande.

A.2. Justifier alors que, pour une même charge électrique q portée par une armature du condensateur, la tension électrique aux bornes de celui-ci est plus faible quand il est plongé dans l'eau que quand il est laissé à l'air libre.

2022 Amérique du sud :



La capacité d'un condensateur plan dont les armatures ont une surface S et sont séparées d'une distance e est donnée par la relation :

$$C = \epsilon \cdot \frac{S}{e} \text{ où } \epsilon \text{ est une constante.}$$

Comparer C_1 et C_2 en justifiant la réponse.

Etablir et résoudre l'équation différentielle de la charge :

Etablir l'équation différentielle

1) Flécher le circuit 2) Utiliser la loi de mailles

3) Loi d'Ohm + Capacité/intensité + Tension/Capacité

Résolution mathématique classique de la forme $y' = ay + b$

Nouvelle calédonie 2023 :

Le capteur est connecté à un microcontrôleur. Dès que le microcontrôleur est mis en route, cela déclenche la charge du condensateur qui compose le capteur alors que ce dernier est encore dans l'air.

Le système est modélisé par le circuit représenté ci-après (**figure 3**) comportant un condensateur de capacité C_{air} en série avec un générateur idéal de tension, ayant pour tension à ses bornes E , et une résistance de valeur R .

On considère que le condensateur est initialement déchargé.

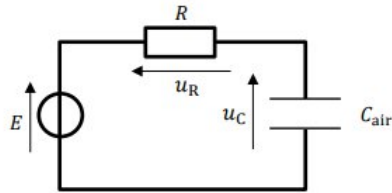


Figure 3 : Circuit en série comprenant un générateur, une résistance R et un condensateur C_{air}

B.1. Établir, pour le circuit de la **figure 3**, la relation entre E , $u_R(t)$ et $u_C(t)$.

B.2. Donner la relation mathématique entre l'intensité du courant $i(t)$ et la charge électrique $q(t)$ qui traverse une portion de circuit. Préciser les unités de chacune des grandeurs.

B.3. Montrer alors que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur est :

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{R \times C_{\text{air}}} u_C(t) = \frac{E}{R \times C_{\text{air}}}$$

B.4.1. Montrer que $u_C(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de l'équation différentielle à condition que $\tau = R \times C_{\text{air}}$.

2022 Polynésie :

On réalise un circuit électrique composé d'un générateur de tension supposé idéal, d'un interrupteur, d'un dipôle ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C reliés en série. Le schéma électrique est donné figure 1.

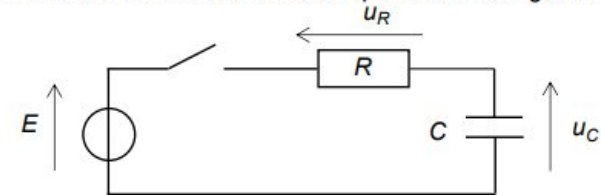


Figure 1 : Schéma électrique du circuit réalisé

L'interrupteur est initialement ouvert et le condensateur est déchargé.

À l'instant $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur et un courant d'intensité i circule dans le circuit.

4. En déduire que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur s'écrit :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}$$

5. Vérifier que la solution est de la forme $u_C = E \times (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$.

Etablir et résoudre l'équation différentielle de la décharge :

Etablir l'équation différentielle

1) Flécher le circuit 2) Utiliser la loi de mailles

3) Loi d'Ohm + Capacité/intensité + Tension/Capacité

Résolution mathématique classique de la forme $y' = ay + b$

Amérique du Nord 2022 :

Chaque supercondensateur utilisé dans le totem a une tension nominale E . Il s'agit de la tension atteinte lorsque le supercondensateur de capacité C est totalement chargé.

Après avoir chargé complètement un supercondensateur sous sa tension nominale E , on le place dans le circuit schématisé sur la figure ci-dessous. Et à l'instant $t = 0$, on bascule l'interrupteur K en position fermée.

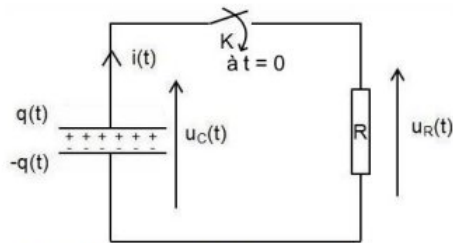


Schéma du circuit électrique de décharge d'un supercondensateur

On désigne par $q(t)$ la charge électrique portée par l'armature positive du condensateur à l'instant t comme indiqué sur le schéma du circuit.

Données :

- valeur initiale de la tension aux bornes du condensateur : $u_C(0) = E = 2,7 \text{ V}$;
- valeur de la résistance : $R = 100 \pm 2 \text{ m}\Omega$ où ce qui suit le $\pm$ est l'incertitude-type.

A.1. Montrer qu'au cours de la décharge l'intensité $i(t)$ s'exprime par :

$$i(t) = -C \times \frac{du_C(t)}{dt}$$

A.2. En déduire que la tension $u_C(t)$ obéit à l'équation différentielle :

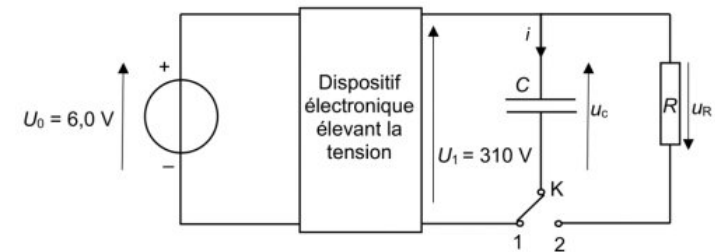
$$RC \times \frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) = 0$$

La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_C(t) = A + B \times e^{-\frac{t}{RC}}$

A.3. En détaillant la démarche, déterminer les valeurs de A et B .

Amérique du Nord 2023 :

On peut représenter par un schéma électrique simplifié le fonctionnement du flash. L'interrupteur K permet la charge du condensateur de capacité C quand celui-ci est en position 1. Le déclenchement par le photographe bascule l'interrupteur sur la position 2 permettant ainsi la décharge du condensateur dans le tube néon considéré alors comme un conducteur ohmique de résistance R .



Q.13. Montrer que l'équation différentielle modélisant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur lors de sa décharge peut s'écrire :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau} u_C = 0$$

où τ est une constante.

Q.14. Vérifier que l'équation différentielle admet une solution de la forme $u(t) = A \cdot e^{-t/B}$. Exprimer les constantes A et B en fonction de paramètres du circuit électrique.

Déterminer et exploiter la constante de temps

La méthode des 63 % pour la charge.

La méthode des 37 % pour la décharge

Pour l'exploiter on sait que $\tau = RC$

Amérique du Nord 2023 :

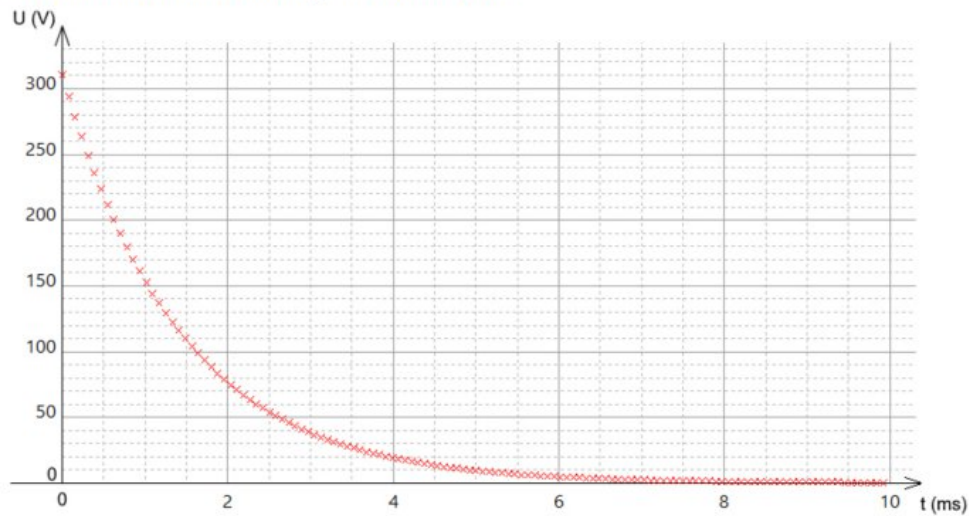
Montrer que la constante τ est homogène à un temps.

.....

.....

.....

On fournit la courbe de décharge du condensateur.



Q.16. Déterminer la valeur de la constante de temps τ en expliquant la méthode graphique employée.

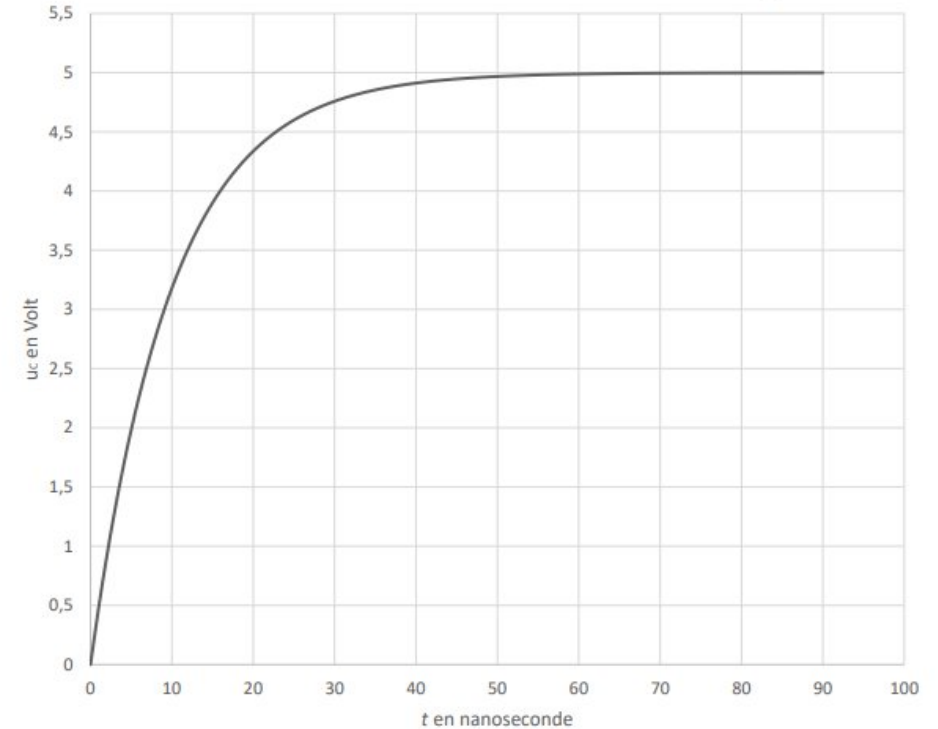
Combien de temps pour une décharge complète ?

Polynésie 2022 :

Étude expérimentale de la charge d'un dipôle RC.

On réalise expérimentalement le montage précédent. On utilise un dipôle ohmique de résistance R égale à $330 \, \Omega$. À l'instant $t = 0 \, \text{s}$, on ferme l'interrupteur. On relève les valeurs de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.

L'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur est donnée figure 2.



6. Déterminer graphiquement la valeur du temps caractéristique τ .

7. Écrire l'expression reliant le temps caractéristique τ , la résistance R du conducteur ohmique et la capacité C du condensateur.

.....

.....

.....

Combien de temps pour une charge complète ?

Expliquer le principe de fonctionnement d'un capteur capacitif

$$\text{On a : } C = \frac{\varepsilon \times S}{l}$$

La grandeur que l'on va mesurer va modifier la distance entre des deux plaques et donc modifier C et donc en mesurant le temps caractéristiques on pourra déterminer la grandeur recherchée.

Sujet 0 2021 :

L'objectif de l'expérience suivante est d'illustrer une méthode pour déterminer l'écart entre les armatures d'un condensateur par mesure de sa capacité.

Deux feuilles d'aluminium de forme carrée et de 25 cm de côté sont séparées par un film de polyéthylène (film

À l'aide du microcontrôleur, la tension électrique aux bornes des armatures en aluminium U_C est mesurée au cours du temps pour deux valeurs de résistances différentes $R = 600 \text{ k}\Omega$ et $R = 300 \text{ k}\Omega$. Ses évolutions au cours du temps sont représentées ci-dessous :

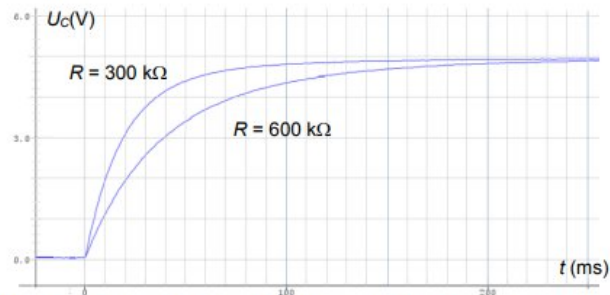


Figure 4. Évolutions de la tension électrique U_C au cours du temps mesurée par le microcontrôleur pour deux valeurs de résistances R .

2.4. Expliquer qualitativement comment il est possible de déterminer l'écart entre les feuilles d'aluminium à partir de ces résultats.

2022 Polynésie

On souhaite coller deux plaques métalliques et contrôler l'épaisseur de colle entre les deux plaques pour éviter qu'il y en ait trop ou pas assez. Les deux plaques peuvent constituer des armatures et la colle est un isolant dont la permittivité ϵ est supposée constante et connue.

On utilise le circuit capacitif de la figure 4 pour contrôler cette épaisseur.

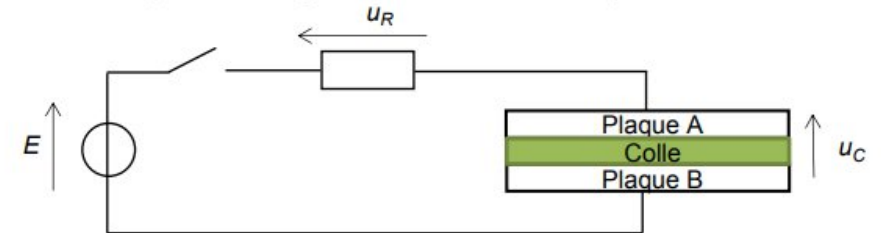


Figure 4 : Schéma du circuit de contrôle de l'épaisseur

11. Expliquer comment utiliser ce montage pour contrôler l'épaisseur de colle.

[illegible]

Justifier le signe des armatures métalliques du condensateur

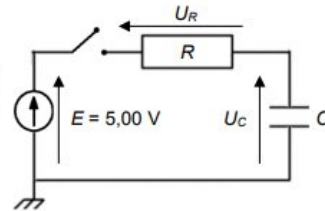
Charge : Le courant va dans le sens de la flèche de la tension du générateur donc les électrons dans l'autre sens, vers la plaque chargée négativement.

Décharge : Le courant va dans le sens de la flèche du condensateur donc les électrons dans l'autre sens, et partent donc de la plaque négative.

2021 Sujet 0 :

Modélisation du dispositif par un circuit RC

On modélise le dispositif expérimental par un circuit RC idéal. Le schéma électrique équivalent du dispositif est représenté ci-contre. Initialement, le condensateur est déchargé. À $t = 0$, l'interrupteur est fermé. Le condensateur commence à se charger.



2.1. Indiquer le signe des charges qui s'accumulent sur chaque feuille d'aluminium.

.....

.....

.....

.....

2021 Métropole :

Le capteur de pression capacitif « artisanal » est représenté en coupe à la figure 3.

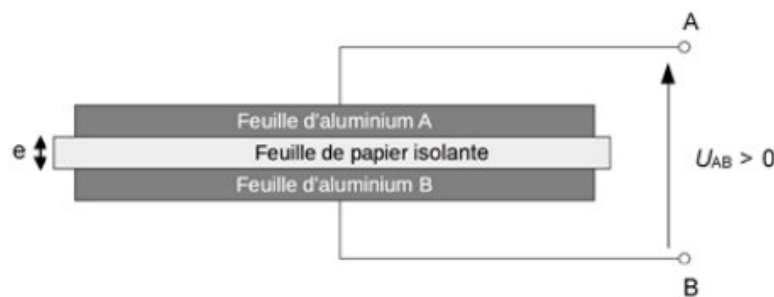


Figure 3. Schéma de la vue en coupe du capteur de pression « artisanal »

1.2. Si le capteur est soumis à une tension positive constante U_{AB} entre ses bornes A et B, des charges électriques apparaissent sur chacune des feuilles, notées Q_A sur la feuille d'aluminium A et Q_B sur la feuille d'aluminium B. On note C la capacité électrique de ce capteur. Donner l'expression littérale de la charge Q_A puis celle de la charge Q_B en fonction de C et U_{AB} .

.....

.....

Exploiter l'énergie d'un condensateur

Energie d'un condensateur : $W = \frac{1}{2} \times C \times u_C^2$

Relation entre puissance et énergie : $E = P \times t$

On isole ce que l'on cherche.

2022 Amérique du Nord :

Le totem contient une association d'un grand nombre de supercondensateurs. Cette association se comporte comme un unique condensateur, appelé condensateur totem, de capacité notée $C_{totem} = 20 \text{ F}$. La tension nominale du condensateur totem a pour valeur $E_{totem} = 760 \text{ V}$.

L'énergie W emmagasinée dans le condensateur totem est donnée par la relation :

$$W = \frac{1}{2} \times C_{totem} \times u_c^2$$

avec l'énergie W en joule, la capacité C_{totem} en farad et la tension du condensateur u_c en volt.

Pour recharger le condensateur totem, on utilise le réseau électrique fournissant une puissance supposée constante de valeur $9,0 \text{ kW}$.

B.2. Estimer le délai minimal à respecter entre le passage de deux bus au totem.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

MECANIQUE – DEUXIEME LOI DE NEWTON

Cours :

Quelle est la deuxième loi de Newton ?

Qu'est ce que le centre de masse d'un système ?

Décrire les forces suivantes : Le poids, la réaction du support, force de frottements, force électrique, force gravitationnelles, La tension d'un fil

Utiliser la deuxième loi de Newton pour trouver le vecteur accélération

On fait un bilan de forces (normes, direction, sens) de chaque force et on les additionne vectoriellement à l'aide d'un schéma. On peut également les projeter dans les directions du mouvement.

$$\sum \vec{F} = m \times \vec{a}$$

Septembre 2022 métropole :

L'objectif de cet exercice est d'étudier les conditions pour effectuer une plongée à une profondeur de 35 m.

1. Équilibre dynamique du plongeur

Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on considère le système {plongeur + équipement} de centre de masse G ; il est en équilibre à une profondeur de 35 m.

Donnée :

- la poussée d'Archimède est la force exercée par un fluide sur un système immergé dans ce fluide. Pour un système immergé entièrement, ses caractéristiques sont :
 - direction : verticale ;
 - sens : vers le haut ;
 - norme : $P_A = \rho \cdot V \cdot g$ où ρ est la masse volumique du fluide, V est le volume du système immergé et g est l'intensité de pesanteur.

- Q1.** Identifier les deux forces modélisant les actions mécaniques exercées sur le système {plongeur + équipement} en équilibre.
- Q2.** À l'aide de la deuxième loi de Newton, représenter, sans souci d'échelle, les forces exercées sur le système sachant qu'il est en équilibre.

Lorsque le plongeur inspire, le volume de ses poumons augmente.

- Q3.** Expliquer les conséquences de cette inspiration sur le mouvement du plongeur initialement immobile en justifiant, notamment, la direction et le sens du vecteur accélération.

Centres étrangers 2023 :

Pourquoi les nuages ne tombent-ils pas ?

Pour mieux comprendre ce qui permet au nuage de rester en suspension, on s'intéresse à une gouttelette d'eau présente dans ce nuage. On modélise la situation de la gouttelette de la façon suivante :

- la gouttelette est supposée sphérique de rayon $r = 10 \mu\text{m}$;
- volume d'une sphère :
$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 ;$$
- la gouttelette n'est soumise qu'à son poids $\vec{P}$ et à une force verticale $\vec{F}$ exercée par l'air, dirigée vers le haut ;
- la gouttelette est supposée initialement immobile dans le référentiel terrestre supposé galiléen ;
- la valeur de la force exercée par l'air sur la gouttelette s'exprime de la façon suivante :

$$F = k \cdot \eta \cdot r \cdot v$$

k : coefficient sans unité ; $k = 18,8$
 η : viscosité de l'air ; $\eta = 15 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 r : rayon de la goutte (en m)
 v : vitesse de l'air dans un référentiel lié à la gouttelette (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Données :

- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau à 20°C : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Q.1. Montrer que la valeur P du poids de la goutte est environ $4,1 \times 10^{-11} \text{ N}$.

Q.2. Déterminer la valeur F de la force verticale ascendante exercée par l'air sur la gouttelette pour une vitesse verticale de l'air de $0,10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q.3. En déduire si la goutte monte, tombe ou reste immobile. Justifier.

On suit le déplacement du centre de masse G de la montgolfière. On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni d'un repère d'espace $(O, \vec{i}, \vec{k})$ présenté sur la figure 2. L'origine au point O est au niveau du sol, au point de décollage de la montgolfière.



Figure 2. Système d'axes et vecteurs unitaires associés au référentiel terrestre

On considère qu'il s'exerce seulement deux forces sur le système {montgolfière} composé de la nacelle, de son chargement et du ballon :

- le poids $\vec{P}$
- la poussée d'Archimède qui modélise l'action de l'air sur le ballon : $\vec{P}_A = \rho_{\text{ext}} \times V \times g \times \vec{k}$ où ρ_{ext} représente la masse volumique de l'air extérieur et V représente le volume total de la montgolfière, dont on considère qu'il est égal au volume du ballon.

On considère que la masse d'air présente dans le ballon est constante et que la montgolfière, de masse totale m , reste immobile. À la température locale et à l'altitude du vol de 1,5 km, la masse volumique de l'air extérieur au ballon vaut $1,06 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ tandis que la masse volumique de l'air à l'intérieur du ballon vaut $0,80 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

- 1.2.1.** Représenter les deux forces s'exerçant sur la montgolfière dans le cas où elle est immobile dans le référentiel terrestre, sans souci d'échelle en utilisant le système d'axes de la figure 2. Justifier.
- 1.2.2.** Donner l'expression vectorielle du poids $\vec{P}$ de la montgolfière.
- 1.2.3.** Établir l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède $\vec{P}_A$ en fonction de g , m et $\vec{k}$.
- 1.2.4.** En déduire la masse totale embarquée dans la nacelle à cette altitude. Commenter.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Cours :

Quelles sont les coordonnées de $\vec{g}$

Comment calcule-t-on la valeur d'un champ électrique ? Comment faire en sorte qu'il soit uniforme ?

Décrire le fonctionnement d'un accélérateur linéaire de particules chargées

Formule de l'énergie cinétique ? L'énergie potentielle de pesanteur et électrique ?
Energie mécanique ? Travail d'une force ? Théorème de l'énergie cinétique ?
Théorème de l'énergie mécanique ?

Etablir et exploiter les équations horaires du mouvement.

1) Définir un référentiel, le système, le repère, faire un schéma.

2) Faire un bilan des forces.

3) Utiliser la deuxième loi de Newton pour trouver les coordonnées de $\vec{a}$

4) On primitive les coordonnées de $\vec{a}$ pour trouver les coordonnées de $\vec{v}$.

On trouve les valeurs des constantes en déterminant les coordonnées de $\vec{v}_0$ avec le schéma.

5) On primitive les coordonnées de $\vec{v}$ pour trouver les coordonnées de $\vec{OM}$.

On trouve les valeurs des constantes en déterminant les coordonnées de $\vec{OM}_0$ avec le schéma.

Asie 2023 :

On s'intéresse au mouvement du centre de masse G du skieur qui s'élance depuis une rampe, à une hauteur initiale H_0 , avec une vitesse initiale dont le vecteur $\vec{v}_0$ est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale (voir figure 1 ci-dessous).

Dans tout l'exercice, le référentiel terrestre est supposé galiléen. Les axes sont choisis de telle sorte que le plan (Ox, Oz) contienne la trajectoire.

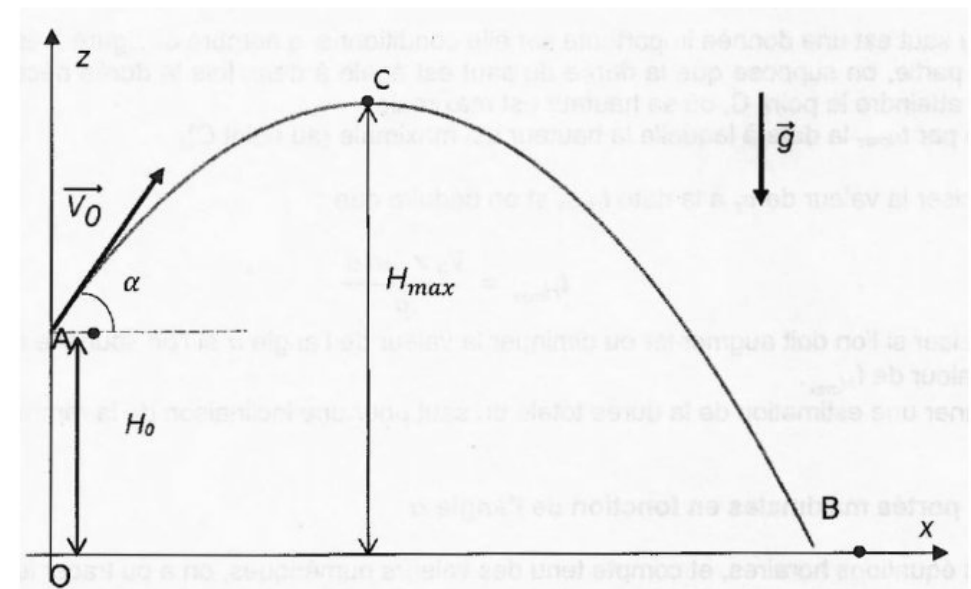


Figure 1 - Schématisation de la trajectoire du centre de masse G

Données

- Masse du skieur avec son équipement : $m = 80 \text{ kg}$
- Valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Valeur de la hauteur initiale : $H_0 = 3,60 \text{ m}$
- Valeur de la vitesse initiale : $V_0 = 17 \text{ m.s}^{-1}$

1. Déterminer, à partir de la deuxième loi de Newton, les expressions littérales des coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse G du skieur.

2. Établir les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse du centre de masse G et montrer que les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du centre de masse sont :

$$\overrightarrow{OG} \begin{cases} x(t) = V_0 \cdot (\cos \alpha) \cdot t \\ z(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + V_0 \cdot (\sin \alpha) \cdot t + H_0 \end{cases}$$

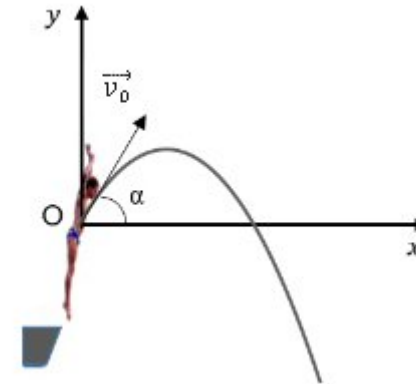
5. Donner une estimation de la durée totale du saut pour une inclinaison de la rampe de 30° .

9. Estimer la valeur de l'altitude maximale $H_{\max}$ du centre de masse du skieur.

Centres étrangers 2023 :

Le repère (O, x, y) est dans le plan du mouvement. Son origine O coïncide avec la position du centre de masse P du plongeur à l'instant $t = 0$ s (**figure 1**).

Lors du saut, le plongeur se propulse et acquiert ainsi une vitesse initiale à la date $t = 0$ caractérisée par le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ incliné d'un angle α avec l'horizontale.



Données

- Masse du plongeur $m = 70,0 \text{ kg}$
- Intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

$$\alpha = 50^\circ$$

Pour la suite de cette **partie B**, on néglige les actions exercées par l'air sur le plongeur et on fait l'hypothèse de la chute libre, ce qui revient à considérer que la seule force extérieure subie par le plongeur est son poids. On utilise ainsi un modèle simplifié permettant de déterminer les valeurs de différentes grandeurs puis de les comparer avec les résultats expérimentaux et les indications de l'article.

À $t = 0$ s, le centre de masse P du plongeur est en O, à 28 m au-dessus du niveau de l'eau.

- Écrire la relation traduisant l'application de la deuxième loi de Newton sur le plongeur de masse m en utilisant les grandeurs $\vec{g}$, champ de pesanteur, et $\vec{a}$, accélération du centre de masse du plongeur.
- Exprimer littéralement les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération $\vec{a}(t)$, ainsi que les coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$, en fonction de v_0 , g , t et α .
- Montrer que les équations horaires du mouvement du centre de masse du plongeur ont pour expression :

$$\overrightarrow{OP}(t) \begin{cases} x(t) = v_0 \times \cos(\alpha) \times t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \times g \times t^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t \end{cases}$$

- À partir des équations horaires, montrer que la durée de la chute peut être obtenue en résolvant l'équation du second degré :

$$-4,9 t^2 + 1,8 t + 28 = 0 \quad (\text{équation 1})$$

- Montrer que la valeur de la vitesse lors de l'entrée dans l'eau v_{ch} prédite par l'étude cinématique est de l'ordre de $24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2021 Centres étrangers.

L'élève parachutiste ainsi que son moniteur quittent simultanément l'avion en un point A, à un instant pris comme origine des dates ($t = 0$ s). Lorsqu'ils sautent de l'avion, celui-ci vole horizontalement à l'altitude $z_A = 1\,500$ m avec une vitesse $v_A = 130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

L'élève a pour consigne d'enclencher l'ouverture de son parachute après avoir compté 10 secondes.

On étudie le mouvement du système {parachutiste + équipement} avant l'ouverture du parachute. Cette étude est réalisée dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Dans cette partie, pour modéliser le mouvement du parachutiste, on fait l'hypothèse que les actions de l'air sont négligeables et que le mouvement du système est plan.

La position du parachutiste est repérée dans le système d'axes (O, x, z) , l'origine O étant prise au niveau du sol qui correspond également ici au niveau de la mer. Le point A est situé à la verticale du point O sur l'axe (Oz) .

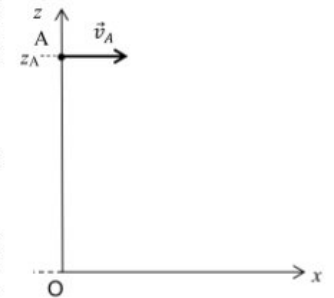


figure 1

7. Indiquer la (ou les) action(s) exercée(s) sur le parachutiste et la (ou les) modéliser par une (ou des) force(s).
8. En déduire, en justifiant, les coordonnées théoriques du vecteur accélération $a_x(t)$ et $a_z(t)$ et les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse du centre de masse du système.
9. Montrer que les équations horaires du mouvement du parachutiste dans le repère (O, x, z) sont modélisées par :

$$\begin{cases} x(t) = v_A t \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + z_A \end{cases}$$

avec t en seconde, v_A en mètre par seconde et $x(t)$, $z(t)$ et z_A en mètre.

10. Déterminer l'altitude théorique z_C à laquelle le parachutiste devrait ouvrir son parachute sachant que cette ouverture doit avoir lieu 10 s après le saut.

Métropole juin 2021 :

L'objectif de cet exercice est d'évaluer la vitesse du sauteur à la fin de la 1^{re} phase et la longueur maximale du saut.

On étudie un saut réalisé à partir d'un pont situé à une hauteur H d'environ 50 m au-dessus du sol.

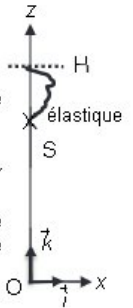
Données :

- masse de la personne avec l'équipement : $m = 80 \text{ kg}$;
- valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- longueur de l'élastique non étiré : $L_0 = 8,0 \text{ m}$.

Lors de la 1^{re} phase du saut à l'élastique, on étudie le mouvement du sauteur dont le centre de masse est noté S, dans le cadre du modèle de la chute libre. Pour simplifier, on suppose que le mouvement est vertical.

À la date $t = 0$, la personne démarre le saut à la hauteur H avec une vitesse initiale dont le vecteur $\vec{v}_0$ est vertical et dirigé vers le bas et de norme v_0 .

Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre supposé galiléen muni du repère d'espace $(Ox ; Oz)$ dont l'origine O du repère est au niveau du sol. L'axe (Oz) est vertical, dirigé vers le haut et muni du vecteur unitaire $\vec{k}$. La situation est schématisée ci-contre.



1. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ de S dans le repère $(Ox ; Oz)$.

2. Établir que l'équation horaire du mouvement selon l'axe Oz s'écrit :

$$z(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 - v_0 \cdot t + H$$

3. Après traitement de la vidéo d'un saut à l'aide d'un logiciel de pointage et modélisation des résultats, on obtient l'équation horaire suivante :

$$z(t) = -4,90 t^2 - 1,10 t + 49,8 \quad \text{avec } z \text{ exprimé en m et } t \text{ exprimé en s.}$$

La modélisation des résultats expérimentaux est-elle cohérente avec l'expression donnée en 2. ? Justifier à l'aide de deux arguments.

4. Calculer la date à laquelle l'élastique commence à se tendre.

5. En déduire la valeur de la vitesse atteinte à cet instant.

2023 Métropole septembre :

On étudie le mouvement d'une goutte d'encre G, supposée ponctuelle, de masse m et de charge q négative.

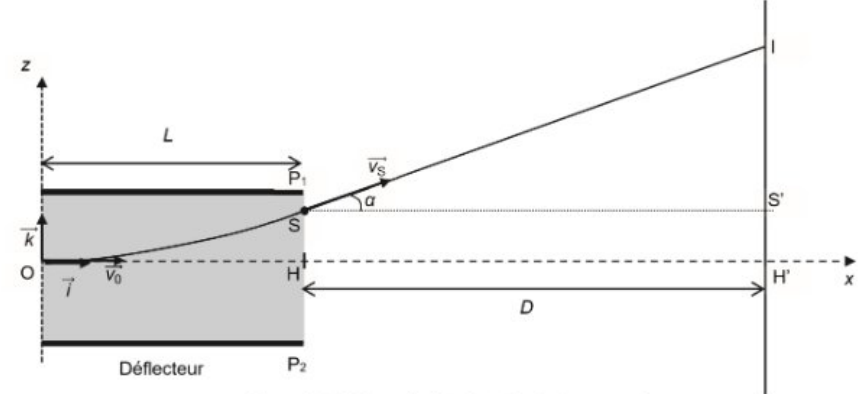


Figure 2. Schéma de la trajectoire de la goutte G

À la date $t_0 = 0$ s, la goutte d'encre G pénètre dans la zone de champ électrique uniforme au niveau du point O avec une vitesse initiale notée $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$.

On suppose que l'action mécanique de l'air est négligeable devant les autres actions.

Q1. Indiquer les signes des charges portées par les plaques P_1 et P_2 sachant que la goutte chargée négativement est déviée vers le haut (sens des z croissants) puis justifier que le vecteur champ électrique $\vec{E}$ est orienté de P_1 vers P_2 .

On suppose que la valeur du poids de la goutte d'encre G est négligeable par rapport à celle de la force électrique subie dans le déflecteur.

Q2. Établir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_G$ de la goutte d'encre en fonction de la masse m , de la charge q et du vecteur champ électrique $\vec{E}$ entre les plaques du déflecteur.

Q3. Montrer que les équations horaires $x_G(t)$ et $z_G(t)$ du mouvement de la position de la goutte d'encre G dans le déflecteur sont données par les relations :

$$\begin{cases} x_G(t) = v_0 t \\ z_G(t) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2 \end{cases}$$

Q4. Exprimer la date t_S à laquelle la goutte d'encre G sort du déflecteur puis montrer que la valeur de la déviation HS est d'environ 0,9 mm.

Données :

- les mouvements sont étudiés dans le référentiel terrestre supposé galiléen associé au repère $(O, \vec{i}, \vec{k})$ représentés sur la figure 2. Les vecteurs $\vec{i}$ et $\vec{k}$ sont unitaires ;
- on considère que la charge électrique et la masse des gouttes d'encre restent constantes entre la buse et le support d'impression ;
- masse d'une goutte d'encre : $m = 2 \times 10^{-10} \text{ kg}$;
- charge électrique d'une goutte : $q = -4 \times 10^{-13} \text{ C}$;
- valeur de la vitesse d'éjection des gouttes d'encre : $v_0 = 20 \text{ m.s}^{-1}$;
- longueur des plaques du déflecteur : $L = 2 \text{ cm}$;
- distance entre le déflecteur et le support d'impression : $D = 3 \text{ cm}$;
- le champ électrique est supposé uniforme dans le déflecteur, il s'écrit $\vec{E} = -E \cdot \vec{k}$ avec $E = 9 \times 10^5 \text{ V.m}^{-1}$;
- le champ électrique est nul à l'extérieur du déflecteur ;
- hauteur moyenne d'un caractère imprimé : $h = 3 \text{ mm}$;
- intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Bac 2023 : Polynésie

Un filament électrique chauffé par effet Joule produit des électrons qui sont accélérés entre les armatures.

Les électrons percutent les atomes de la plaque B et provoquent l'émission des rayons X.

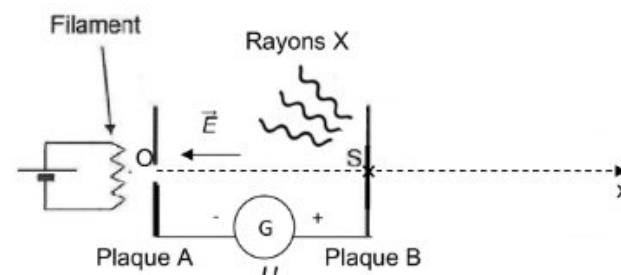


Figure 1. Schéma du tube à rayons X.

Dans la suite de l'exercice, on s'intéresse à un électron issu du point O sans vitesse initiale et accéléré jusqu'au point S de la plaque B.

Données :

- La valeur de la tension électrique U est égale à $20,0 \text{ kV}$;
- La valeur de la distance d entre les points O et S est égale à $1,00 \text{ cm}$;
- La valeur de la charge élémentaire e est égale à $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- La valeur de la masse de l'électron m est égale à $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$;

- La relation entre la valeur E du champ électrique $\vec{E}$ supposé uniforme (exprimé en V.m^{-1}), la tension électrique U (exprimée en V) et la distance entre les électrodes d (exprimée en m) est :

$$E = \frac{U}{d}$$

- La valeur d'un électronvolt (eV) est égale à $1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Q1. Donner l'expression de la force électrique $\vec{F}$ subie par l'électron en fonction de la charge élémentaire e et du champ électrique $\vec{E}$. Sur la copie, reproduire les deux plaques A et B puis représenter, sans souci d'échelle, la force électrique $\vec{F}$ en un point quelconque de l'axe (Ox) entre O et S.

Q2. Sachant qu'on négligera le poids de l'électron et à l'aide de la deuxième loi de Newton, établir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ de l'électron dans le repère (Ox).

Q3. Montrer que l'expression de la vitesse $v_x(t)$ s'écrit sous la forme : $v_x(t) = \frac{e \cdot E}{m} \cdot t$ et établir l'équation horaire $x(t)$.

Q4. Montrer que la valeur de la vitesse v_s de l'électron au point S est égale à $8,38 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$.

Etablir l'équation de la trajectoire

On part des équations horaires du mouvement.

- 1) Exprimer t en fonction de x dans l'équation de $x(t)$
- 2) Injecter l'expression trouvée dans l'équation de $y(t)$

Nouvelle calédonie 2023

Le jeu consiste à abattre des cibles, appelées « oiseaux », situées en haut d'une perche mesurant 30 mètres, les premières cibles se trouvant à 25 mètres du sol. L'archer se positionne au bas de la perche afin d'abattre le plus d'oiseaux possibles. Les oiseaux rapportent des points selon leur position sur la perche. Pour être susceptible de marquer des points l'archer doit faire en sorte que la flèche atteigne, au niveau de la perche, une hauteur comprise entre 25 et 30 m.

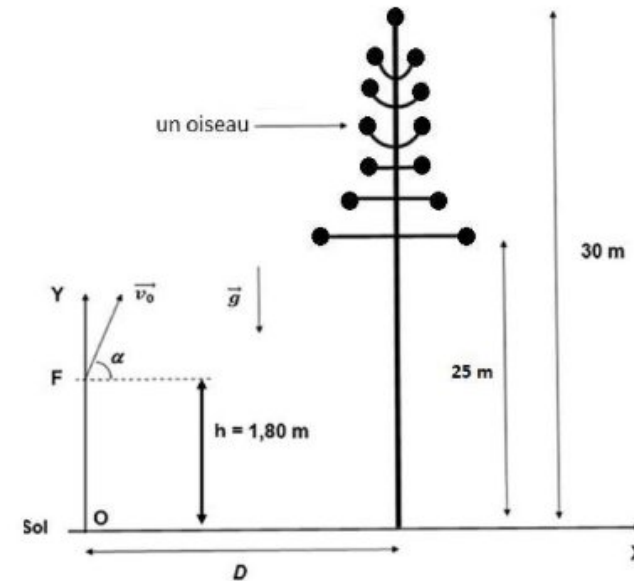


Figure 2 : Schéma du tir à l'arc vertical

L'archer situé à une distance $D = 5,0$ m de la base de la perche essaie d'atteindre les oiseaux situés sur le mat en tirant la flèche avec un angle de tir $\alpha = 80^\circ$. À l'instant initial $t = 0$ s, le centre de gravité de la flèche F est situé à une hauteur $h = 1,80$ m du sol. La vitesse initiale est notée $\vec{v}_0$ et a pour valeur $v_0 = 25,0$ m·s⁻¹.

$$x(t) = (v_0 \cos \alpha) t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \alpha) t + h$$

Montrer que l'équation de la trajectoire $y(x)$ de F peut s'écrire :

$$y(x) = -\frac{1}{2} \times \frac{g x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} + (\tan \alpha) x + h$$

Indiquer, en justifiant, si le tir de l'archer peut lui permettre de marquer des points.

Discuter de l'influence de la géométrie d'un condensateur sur le champ électrique.

De manière générale, $C = k \times \frac{S}{d}$

Une grandeur au dénominateur qui augmente, diminue C

Une grandeur au numérateur qui augmente, augmente C

Réunion 2023 :

Un condensateur plan, de capacité C , est constitué de deux armatures conductrices, de surfaces S identiques, planes en regard, parallèles entre elles. Elles sont séparées d'une distance d par un matériau diélectrique (figure 2).

La capacité C dépend des caractéristiques du condensateur et on souhaite tester si elle respecte une relation de la forme

$$C = k \times \frac{S}{d} \quad (\text{relation 1})$$

où k est une constante.

Pour ce faire, on réalise un montage électrique dans lequel un condensateur plan de capacité variable est soumis à une tension continue $U = 1,50 \text{ V}$ (figure 3).

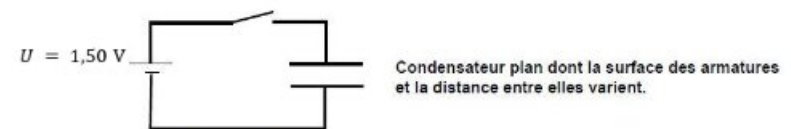


Figure 3 : Schéma du circuit électrique réalisé

Au cours d'une première série de mesures, la distance entre les armatures est fixée à $d = 5 \text{ mm}$. En faisant varier la surface S des armatures, on mesure la capacité C du condensateur. Grâce aux mesures réalisées, on trace le graphe de la figure 4.

Une seconde série de mesures permet d'obtenir le graphe présenté en figure 5 : on mesure la capacité C du condensateur en faisant varier la distance d entre les armatures, leur surface S étant fixée à $S = 200 \text{ mm}^2$.

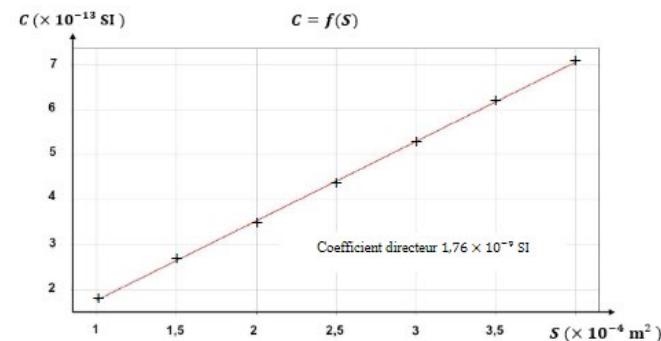


Figure 4 : Évolution de la capacité du condensateur plan en fonction de la surface de ses armatures

Réunion 2023 :

Les équations horaires du mouvement d'une goutte d'encre sont données par :

$$\overrightarrow{OM} \begin{cases} x(t) = v_0 \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d} \cdot t^2 \end{cases}$$

En déduire que la trajectoire de la goutte d'encre au sein du condensateur plan s'écrit :

$$y(x) = -\frac{q \times U}{2 \times m \times d \times v_0^2} \times x^2$$

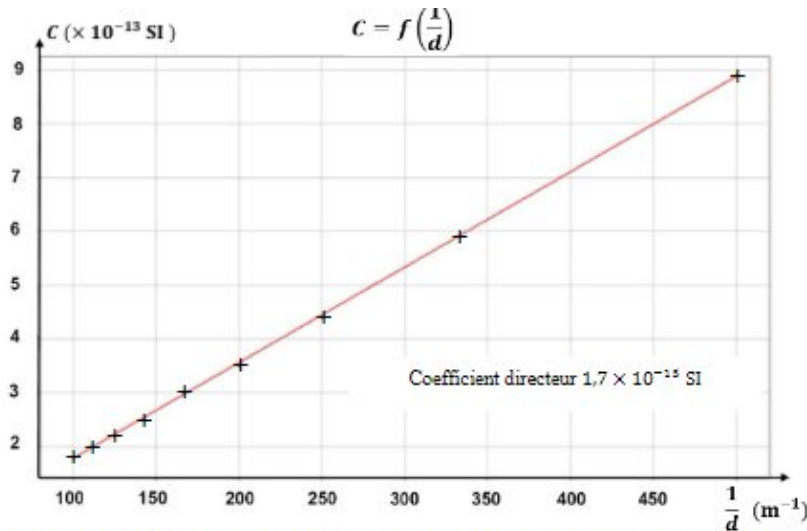
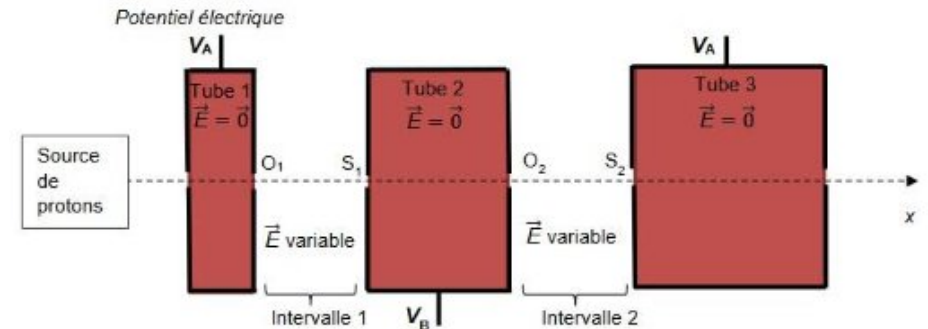


Figure 5 : Évolution de la capacité du condensateur plan en fonction de l'inverse de la distance entre ses armatures

A.1. Donner l'unité de la capacité d'un condensateur dans le système international (SI).

A.2. Montrer que les graphiques présentés en figures 4 et 5 respectent la relation 1.

Décrire le principe d'un accélérateur de particules



Une particule chargée est soumise à une force électrique entre les tubes. Cette force accélère la particule. La tension qui crée le champ, change de signe à intervalle de temps régulier, de manière à attirer la particule chargée vers le prochain intervalle d'accélération. Les tubes sont de plus en plus en gros, car la vitesse de la particule augmente au fur et à mesure.

Bac 2021 sujet 0 :

2. Principe du Linac2 – accélérateur linéaire

Dans une enceinte où règne un vide poussé, on fait passer les protons dans une série de tubes métalliques reliés alternativement à l'une ou à l'autre des bornes d'un générateur de tension alternative $U_A(t)$ (voir figure 2). Cette tension crée, dans les intervalles qui séparent les tubes, un champ électrique dans la direction de l'axe Ox.

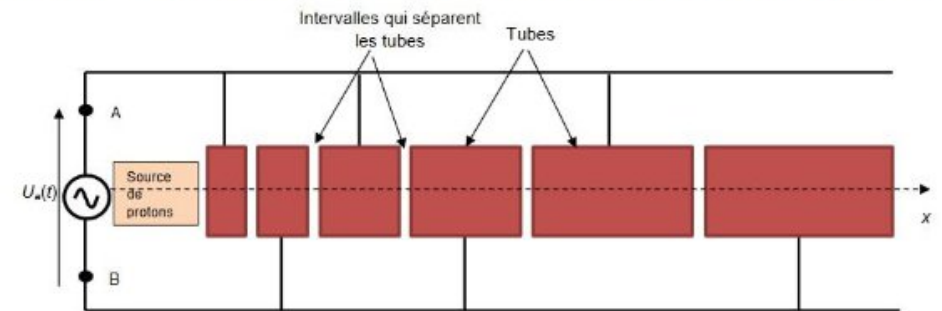


Figure 2. Schéma simplifié du Linac2.

Le champ électrique régnant dans les intervalles étant variable au cours du temps, la fréquence de la tension $U_A(t)$ et la longueur des tubes sont choisies très précisément pour que les protons arrivent dans chaque intervalle à l'instant où le sens du champ est tel qu'il permet leur accélération. On considère qu'à l'intérieur des tubes le champ électrique est nul et donc que les particules s'y déplacent à vitesse constante (figure 3).

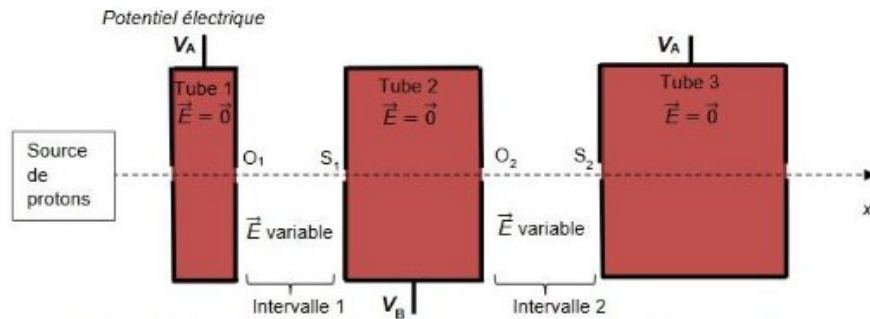


Figure 3. Schéma des deux premiers intervalles (l'échelle n'est pas respectée).

L'énergie cinétique des protons augmentant au passage dans chaque intervalle, l'énergie cinétique atteinte à la sortie de l'accélérateur dépend, entre autres, du nombre de tubes.

L'un des intérêts d'un tel dispositif est qu'il suffit d'ajouter des tubes ou d'augmenter la valeur du champ électrique pour augmenter l'énergie cinétique finale des protons. Son principal inconvénient est son encombrement qui est, pour le Linac2, une longueur de 34 m.

Chaque intervalle se comporte comme le condensateur plan étudié dans la première partie (figure 1).

Le générateur produit une tension sinusoïdale de période $T = 40$ ns. On donne la courbe de variation de la tension U_s en fonction du temps (figure 4). Si $U_s(t) > 0$, alors $V_A > V_B$ et si $U_s(t) < 0$ alors $V_A < V_B$.

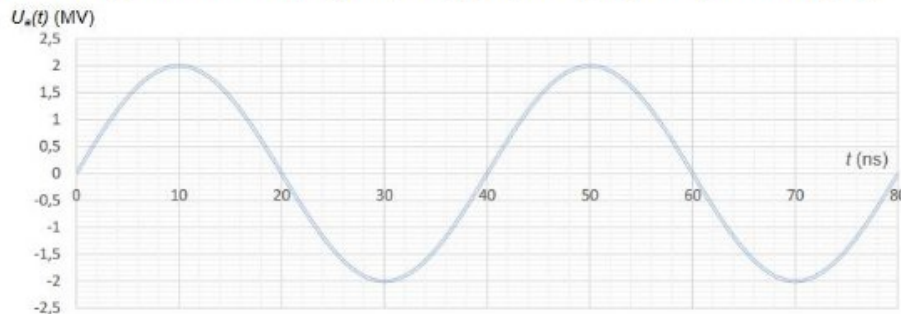


Figure 4. Évolution de la tension électrique $U_s(t)$ délivrée par le générateur.

- 2.1. Indiquer le sens du champ électrique qui règne dans l'intervalle 1 et dans l'intervalle 2 entre les tubes à l'instant $t = \frac{T}{4}$. Représenter, sans soucis d'échelle, le vecteur champ électrique $\vec{E}$ dans l'intervalle 1 et celui dans l'intervalle 2 sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.
- 2.2. Mêmes questions à la date $t = \frac{3T}{4}$.
- 2.3. Pour être accélérés de manière optimale dans chaque intervalle, les protons doivent mettre une durée $\Delta t = \frac{T}{2}$ pour traverser chaque tube. Justifier cette affirmation.
- 2.4. Expliquer qualitativement pourquoi les tubes du Linac2 sont de plus en plus longs.

Exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique

Pas de frottements : On cherche souvent une vitesse ou une altitude

- 1) L'énergie mécanique se conserve entre l'instant A et l'instant B donc : $E_m(A) = E_m(B)$
- 2) On remplace $E_m = E_c + E_p$ et $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ et $E_{pp} = mgz$ (champ gravitation) ou $E_{pe} = qV$
- 3) Certains termes s'annulent, d'autres sont connus, on isole le terme recherchée.

Autre façon : A partir d'un graphique, on peut avoir directement les valeurs de E_c et E_{pp} et calculer une hauteur ou vitesse directement.

Nouvelle Calédonie 2023 :

L'archer tire une flèche verticalement et se demande si celle-ci dépassera le haut de la perche situé à 30 m. On appelle H la hauteur maximale atteinte par la flèche à l'instant $t = t_H$.

À l'instant initial $t = 0$, l'archer lance sa flèche du point F. Le centre de gravité de la flèche F est situé à une hauteur $h = 1,80$ m du sol. Un capteur mesure la vitesse initiale v_0 de la flèche et indique $v_0 = 25,0 \pm 0,5$ m·s⁻¹. On néglige tous les frottements. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est prise au niveau du sol.

A.1. Donner l'expression de l'énergie mécanique $E_m(0)$ de la flèche à $t = 0$ en fonction de h , m , g et v_0 .

A.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique $E_m(t_H)$ de la flèche à $t = t_H$ en fonction de m , g et H .

A.3. En déduire que $H = h + \frac{v_0^2}{2g}$.

L'incertitude-type $u(H)$ sur H se calcule avec la relation : $u(H) = \sqrt{(u(h))^2 + \left(\frac{v_0}{g}\right)^2 (u(v_0))^2}$

où $u(x)$ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x .

A.4.1. Calculer H en vous appuyant sur la question A.3.

A.4.2. Évaluer $u(H)$ sachant que $u(h) = 0,01$ m, puis donner un encadrement de la valeur de H .

A.4.3. Indiquer si la flèche dépasse le haut de la perche. Justifier.

.....

.....

.....

.....

2023 Réunion :

Lors des huitièmes de finale de Roland Garros en 2022, Carlos Alcaraz a réalisé un « tweener-lob » contre Karen Khachanov. Pour que le « tweener-lob » soit réussi, la balle doit passer au-dessus de l'adversaire et retomber avant la ligne de fond de court.

On s'intéresse dans cet exercice à ce geste tennistique. L'étude sera menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen et le système {balle} sera considéré comme un point matériel noté G . On négligera tout type de frottement.

PARTIE B : Étude énergétique du mouvement de la balle

On choisira un axe vertical ascendant et une énergie potentielle de pesanteur nulle à l'origine du repère $(O; \vec{i}; \vec{j})$.

À $t = 0$ s, la balle est située au point $(x_0 = 0; y_0 = 0,30 \text{ m})$ avec une vitesse $v_0 = 55,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

B.1. Rappeler la définition de l'énergie mécanique E_m de la balle.

B.2. Exprimer l'énergie mécanique $E_m(0)$ de la balle à $t = 0$ s, en fonction de m , g , v_0 et y_0 . Calculer sa valeur.

B.3. Indiquer sous quelle condition s'applique la conservation de l'énergie mécanique.

B.4. Calculer la valeur de la vitesse de la balle v_f quand elle retombe au sol. Indiquer si la valeur réellement mesurée par le radar du terrain sera supérieure ou inférieure à celle calculée. Justifier.

Asie 2023 :

L'objectif de cet exercice est d'illustrer le principe de la détermination de la masse des agrégats par l'utilisation d'un accélérateur linéaire.

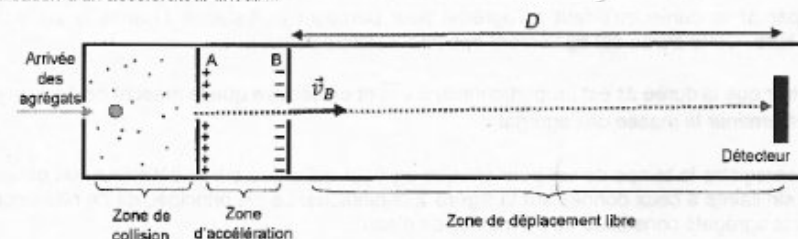


Figure 1 - Dispositif simplifié de l'accélérateur linéaire

Données

- Charge d'un agrégat : $q = +1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Tension entre les plaques A et B : $U_{AB} = U = 10,0 \text{ kV}$
- Distance entre les plaques : $AB = 10 \text{ cm}$
- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Masse molaire de l'eau : $M = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

5. Exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force électrique dans la zone d'accélération en fonction de q et U .

La vitesse v_A d'un agrégat de masse m entrant dans la zone d'accélération est négligeable devant la vitesse de sortie v_B .

6. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la vitesse en sortie de zone d'accélération est donnée par $v_B = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$.

Avec frottements : On cherche une distance ou une norme de force

- 1) On fait un bilan de force
- 2) On exprimer littéralement le travail de chaque force.

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

$$\Delta E_C = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

5) On isole la donnée recherchée et on remplace.

On se propose dans cet exercice d'étudier quelques phases de mouvement simple réalisées par un skateboarder lors de la pratique du street. Dans tout cet exercice, on appellera skateboarder le système {skateboard + skateboarder}. Ce système de masse m est indéformable et modélisé par un point matériel assimilé à son centre de masse G . Les études des différentes phases du mouvement sont effectuées dans le référentiel terrestre considéré galiléen. L'ensemble des phases étudiées est représenté ci-dessous sans souci d'échelle.

On définit μ_c le coefficient de frottement cinétique tel que :

$$\mu_c = \frac{f}{R}$$

- f : norme de la force de frottement ;
- R : norme de la réaction normale au plan.



- coefficient de frottement cinétique : $\mu_c = 0,040$;
- vitesse du skateboardeur au point B : $v_B = 3,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- théorème de l'énergie cinétique : la variation d'énergie cinétique d'un système entre deux positions A et B est égale à la somme des travaux des forces appliquées à ce système entre les deux positions A et B.

Q.5. À l'aide du théorème de l'énergie cinétique appliqué entre les points B et C, établir la relation entre v_B , m , f et la distance d'arrêt BC.

$$BC = \frac{V_B^2}{2 \cdot \mu_c \cdot g}$$

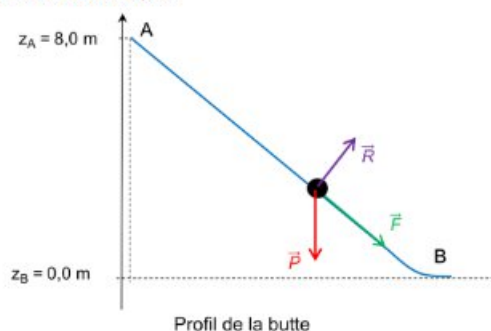
Les roues de skateboard sont réalisées en polyuréthane et sont caractérisées par leur dureté. Plus les roues sont « dures » plus les frottements sont faibles.

Q.8. Indiquer en justifiant comment évolue la distance d'arrêt du skateboard suite à ce changement de roues.

[illegible]

Amérique du Nord 2023 :

Lorsque la grille s'abaisse, les pilotes pédalent intensément pour acquérir la plus grande vitesse possible au bas de la butte. Lors d'une séance d'entraînement, filmée pour une chaîne sportive, se déroulant sur une piste possédant une butte de départ à 8 m de hauteur, un pilote atteint la vitesse de $61 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ au bas de la butte en 2,7 s.



Pendant cette descente, on considère que le système {pilote + bicyclette}, assimilé à un point matériel de masse totale $m = 93 \text{ kg}$ se déplace de la position A jusqu'à la position B, en n'étant soumis qu'à trois actions mécaniques modélisées par son poids $\vec{P}$, la réaction $\vec{R}$ du plan incliné toujours perpendiculaire au plan et la force motrice $\vec{F}$ de norme supposée constante et parallèle au plan. Le référentiel terrestre est ici considéré comme galiléen.

Données :

- intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- théorème de l'énergie cinétique : la variation d'énergie cinétique d'un système entre deux positions A et B est égale à la somme des travaux des forces appliquées à ce système entre les deux positions A et B.

Q.5. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système lors du trajet AB pour exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force motrice liée au pédalage du pilote.

Q.6. Calculer la valeur de ce travail.

Ce pilote est capable de développer une puissance de pédalage de l'ordre de 2000 à 2500 W lors du trajet AB.

Q.7. Montrer que la valeur du travail calculé à la question Q.6 est en accord avec la puissance de pédalage du pilote, supposée constante.

Asie 2023 :

On s'intéresse au mouvement du centre de masse G du skieur qui s'élance depuis une rampe, à une hauteur initiale H_0 , avec une vitesse initiale dont le vecteur $\vec{v}_0$ est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale (voir figure 1 ci-dessous).

Dans tout l'exercice, le référentiel terrestre est supposé galiléen. Les axes sont choisis de telle sorte que le plan (Ox, Oz) contienne la trajectoire.

Données

- Masse du skieur avec son équipement : $m = 80 \text{ kg}$
- Valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- Valeur de la hauteur initiale : $H_0 = 3,60 \text{ m}$
- Valeur de la vitesse initiale : $V_0 = 17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

On nomme E_c l'énergie cinétique du skieur, E_p son énergie potentielle et E_m son énergie mécanique.

Lors du saut, ces différentes énergies ont été calculées à l'aide des informations fournies sur la vidéo du saut. L'évolution de chacune au cours du temps est représentée sur la figure 4 ci-dessous.

On a posé $E_p(z = 0) = 0$.

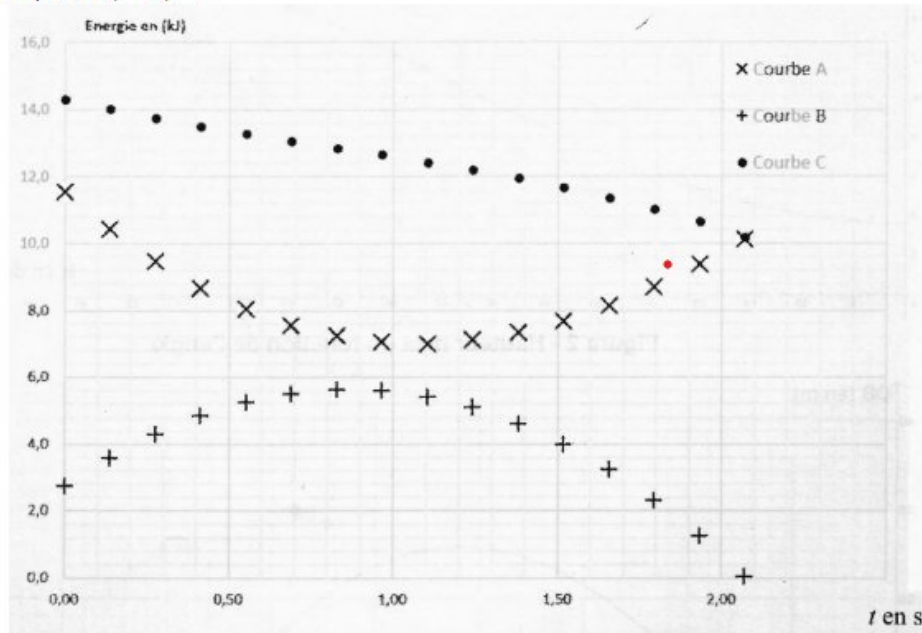


Figure 4 – Évolution des énergies du système au cours du temps

7. Identifier parmi les courbes A, B, C de la figure 4 celles représentant l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique. Justifier ces choix.

9. Estimer la valeur de l'altitude maximale $H_{\max}$ du centre de masse du skieur.

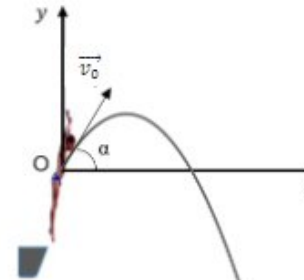
10. En s'appuyant sur des résultats expérimentaux tirés de la figure 4 de la partie B et sur l'étude théorique menée dans la partie A, donner une estimation de la portée du saut enregistré en précisant s'il s'agit d'une estimation par excès ou par défaut compte tenu des hypothèses formulées.

Python avec l'énergie :

Centres étrangers 2023 :

Dans cet exercice, on se propose d'étudier différents aspects de ce type de saut et de vérifier quelques informations de l'article. Dans chacune des parties A et B, concernant respectivement les aspects énergétiques et cinématiques du plongeur dans l'air, on se concentre sur le mouvement du centre de masse du plongeur, noté P, dans le référentiel du plongeur supposé galiléen.

Sur la figure 1 ci-dessous, on donne le schéma de principe de la situation, l'allure de la trajectoire de P ainsi que les valeurs des coordonnées de P pour les cinq premiers points.



t (s)	x (m)	y (m)
0	0	0
0,033	0,050	0,060
0,067	0,10	0,11
0,100	0,15	0,15
0,133	0,21	0,18

Figure 1- Schéma et coordonnées du centre de masse P du plongeur

Données

- Masse du plongeur $m = 70,0 \text{ kg}$
- Intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Partie A - Étude énergétique

Pour effectuer l'étude énergétique, on utilise un programme Python dont un extrait est reproduit figure 2 ci-dessous.

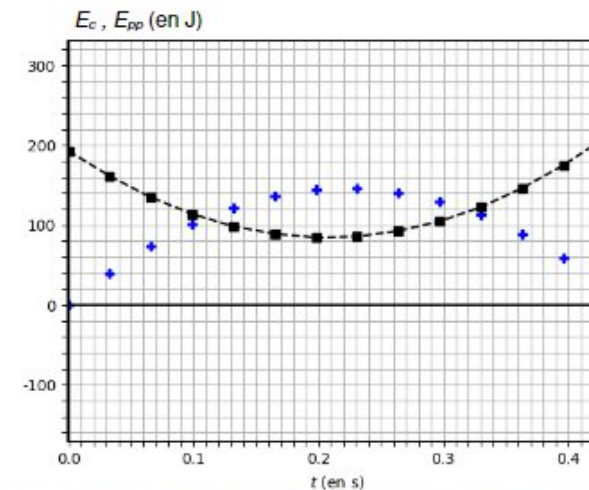


Figure 3 - Évolution des énergies cinétique et potentielle au tout début du saut

```

1 import matplotlib.pyplot as plt
2 m = 70 # Masse en kg
3 g = 9.81 # Intensité de la pesanteur en N/kg
4 #
5 # Importation des données de pointage
6 #
7 t,x,y=[],[],[] # Définitions de listes vides pour t,x et y
8
9 .....
10 # =====
11 # Calcul des coordonnées vx, vy et de la valeur v du vecteur vitesse
12 # =====
13 N = len(t) # Nombre de positions
14 vx,vy,v = [],[],[] # Définitions de listes vides pour vx,vy et v
15 for i in range(N-1) :
16     vxi=(x[i+1]-x[i])/(t[i+1]-t[i]) # coordonnée selon x du vecteur vitesse au point i
17     vyi=(y[i+1]-y[i])/(t[i+1]-t[i]) # coordonnée selon y du vecteur vitesse au point i
18     vi=(vxi**2+vyi**2)**0.5 # valeur du vecteur vitesse au point i
19     vx.append(vxi)
20     vy.append(vyi)
21     v.append(vi)
22 # =====
23 # Calcul des grandeurs énergétiques
24 # =====
25 m = 70 # Masse en kg
26 Epp,Ec,Em = [],[],[] # Définitions de listes vides pour Epp, Ec et Em
27 for i in range(N-1) :
28     Eppi= # expression de L'énergie potentielle au point i
29     Eci=(1/2)*m*v[i]**2 # expression de L'énergie cinétique au point i
30     Emi= # expression de L'énergie mécanique au point i
31     Epp.append(Eppi)
32     Ec.append(Eci)
33     Em.append(Emi)

```

Ligne 36 →

Ligne 38 →

Figure 2 – Extrait du code Python

Grâce au programme Python, on peut calculer les valeurs des énergies potentielle de pesanteur (E_{pp}), cinétique (E_c) et mécanique (E_m) du plongeur.

1. Recopier et compléter les instructions des lignes 36 et 38 du programme Python.

Le programme permet d'obtenir des représentations graphiques des évolutions au cours du temps des énergies cinétique et potentielle du plongeur durant les quelques millisecondes qui suivent le début de sa chute (voir figure 3 ci-après).

2. Justifier que la courbe en pointillés sur la figure 3 ci-dessus est celle de l'évolution de l'énergie cinétique au cours du temps.

LUNETTE ASTRONOMIQUE :

Cours :

De quoi est constituée une lunette astronomique ?

Définir un système afocal :

Formule du grossissement ?

Relation de conjugaison et du grandissement (1^{ère})

Révisions de première

Métropole 2023 :

1. Observation d'une oie cendrée à l'œil nu

L'œil est un système complexe que l'on peut modéliser par l'association (figure 1) :

- d'une lentille mince convergente L , d'axe optique Δ , de distance focale $f' = OF' = 17$ mm, de centre optique O ;
- d'un écran situé à une distance $D = 17$ mm du centre optique O .

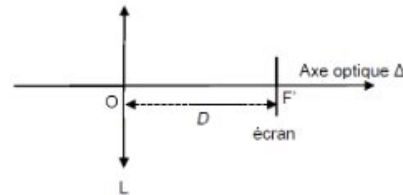


Figure 1. Schéma simplifié du modèle de l'œil

La rétine est une membrane qui tapisse le fond de l'œil et qui joue le rôle d'écran. L'oie cendrée est modélisée par un objet de hauteur AB perpendiculaire à l'axe optique en A et situé à 280 m du centre optique O . L'image de AB à travers la lentille L est notée $A'B'$.

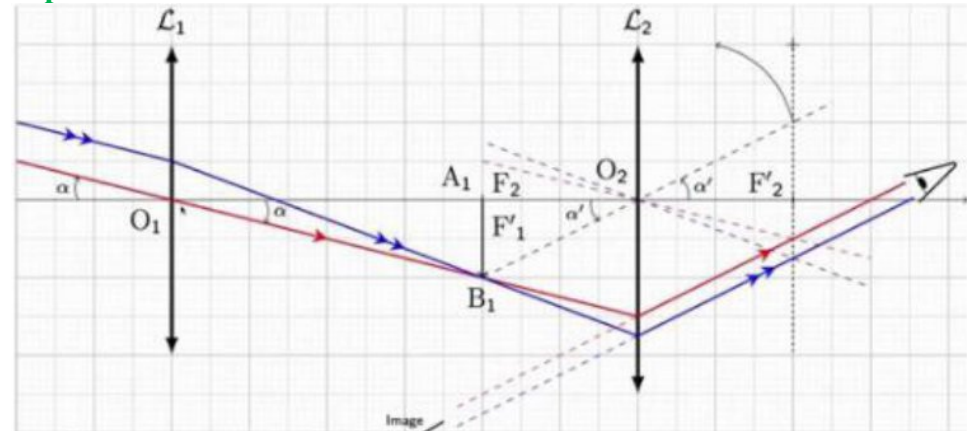
Q1. Justifier que la position de l'image $A'B'$ de l'oie par la lentille L est telle que $\overline{OA'} = 17$ mm.

Q2. Vérifier que la taille de l'image $A'B'$ de l'oie sur la rétine de l'observateur est voisine de $49 \mu\text{m}$. Sachant que la rétine est assimilée à un disque de rayon égal à 6 mm centré en F' , préciser si l'oie est vue en entier par un observateur.

Données :

- Taille approximative d'une oie cendrée : 80 cm

Représenter le schéma d'une lunette afocale.



L1 : Objectif et L2 : Oculaire

Métropole 2023 :

L'oie est désormais observée à l'aide d'une longue-vue assimilée à une lunette astronomique afocale. Cette lunette est composée d'une lentille L_1 de distance focale f_1' jouant le rôle de l'objectif et d'une lentille L_2 de distance focale f_2' jouant le rôle de l'oculaire. On considère que l'oie, modélisée par un objet AB perpendiculaire à l'axe optique en A , est « à l'infini ». L'image de AB à travers la lentille L_1 est notée A_1B_1 . L'image de A_1B_1 à travers la lentille L_2 est notée A_2B_2 .

Q4. Compléter la figure A1 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE pour représenter l'image A_1B_1 formée par la lentille L_1 d'un objet AB (représentant l'oie) situé à l'infini.

Q5. Placer, en justifiant, le foyer objet F_2 de la lentille L_2 sur la figure A1 de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.

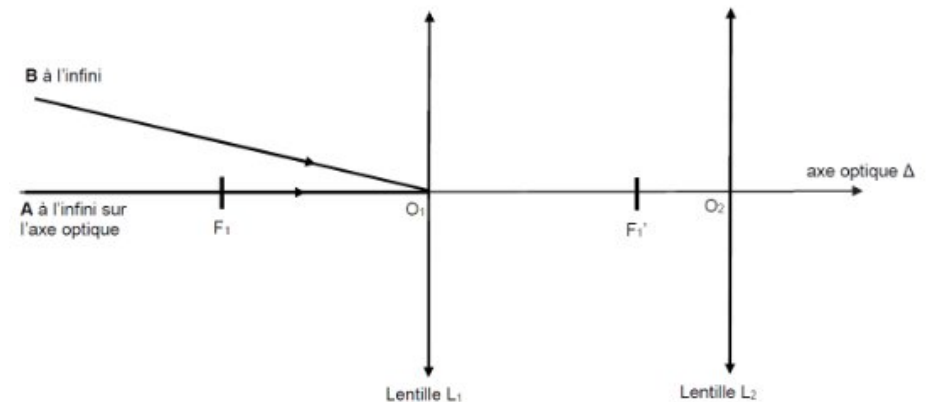


Figure A1. Schéma de la longue-vue (représentée sans souci d'échelle) assimilée à une lunette astronomique afocale

Nouvelle Calédonie 2023 :

Sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)**, on modélise la lunette astronomique à l'aide de deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2 , de centres optiques respectifs O_1 et O_2 et d'axe optique Δ .

La lunette afocale est réglée de façon à procurer les meilleures conditions d'observations. Elle donne d'un objet $A_\infty B_\infty$, situé à l'infini, une image $A'_\infty B'_\infty$ située à l'infini, observable sans accommoder pour un œil normal.

La planète Saturne et ses anneaux, supposés à l'infini, sont représentés sans souci d'échelle par $A_\infty B_\infty$, le point A_∞ étant sur l'axe optique. Un rayon lumineux issu de B_∞ est également représenté.

B.1.1. Identifier sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)**, l'objectif L_1 et l'oculaire L_2 .

B.1.2. Positionner sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)** :

- les centres optiques respectifs O_1 et O_2 ;
- le foyer image F'_1 de L_1 et le foyer objet F_2 de L_2 sans souci d'échelle mais de façon cohérente.

B.2. Représenter sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)** :

- l'image intermédiaire $A_1 B_1$ de l'objet $A_\infty B_\infty$ donnée par l'objectif L_1 ;
- le faisceau émergent de la lunette issu de B_∞ et passant par les bords de l'objectif.



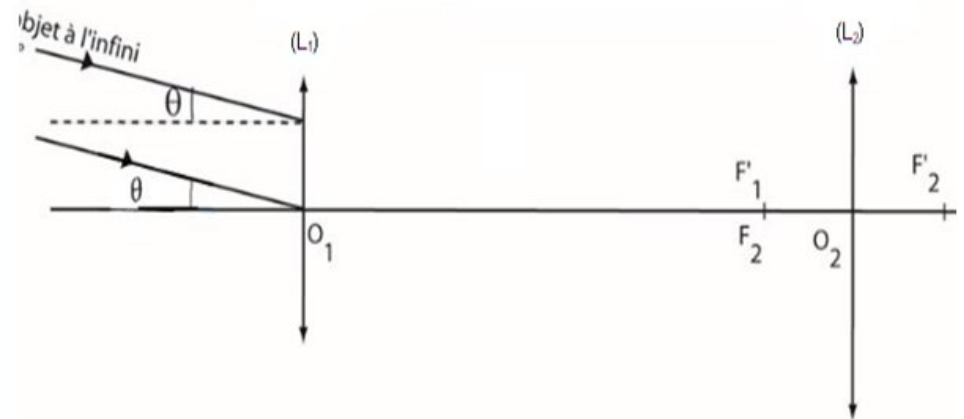
Asie 2022 :

On observe un objet AB situé à l'infini :

- Le point A est sur l'axe optique. Les rayons issus de A parviennent à la lentille (L_1) parallèlement à l'axe optique.
- Le point B est situé hors axe optique. Les rayons issus de B parviennent à la lentille (L_1) parallèlement entre eux et avec un angle θ avec l'axe optique.

Sur le schéma en **ANNEXE PAGE 16/16 À RENDRE AVEC LA COPIE**, deux rayons issus de B sont tracés. Ce schéma n'est pas à l'échelle.

3. Sur le schéma en **ANNEXE PAGE 16/16 À RENDRE AVEC LA COPIE**, identifier l'objectif et l'oculaire de cette lunette en écrivant ces termes au-dessus des lentilles concernées.
4. Sur le schéma en **ANNEXE PAGE 16/16 À RENDRE AVEC LA COPIE**, construire l'image $A_1 B_1$ de AB donnée par la lentille (L_1).
5. Sur le schéma en **ANNEXE PAGE 16/16 À RENDRE AVEC LA COPIE**, représenter le faisceau émergent délimité par les deux rayons issus de B et traversant la lunette.
6. Indiquer la position de l'image définitive B' du point B à travers la lunette et justifier que cette lunette est bien afocale.
7. Indiquer sur le schéma en **ANNEXE PAGE 16/16 À RENDRE AVEC LA COPIE** le diamètre apparent de l'image θ' à travers la lunette.



Démontrer la formule du grossissement :

Voir le schéma de la méthode précédente

- On se place dans le triangle A1B1O1 et on utilise la trigonométrie pour déterminer la tangente de l'angle α
- On se place dans le triangle A1B1O2 et on utilise la trigonométrie pour déterminer la tangente de l'angle α'
- On utilise la formule du grossissement ainsi que le fait que $\tan \alpha = \alpha$ lorsque l'angle est petit.

Métropole 2023 : (reprendre le schéma précédent)

En considérant les angles α et α' exprimés en radians comme petits, montrer que le grossissement de la lunette astronomique afocale peut s'exprimer par la relation :

$$G = \frac{f_1'}{f_2'}$$

On peut s'appuyer sur la figure A₁ de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.

Nouvelle calédonie 2023 : (reprendre le schéma précédent)

Établir l'expression du grossissement G en fonction des distances focales f_1' de l'objectif et f_2' de l'oculaire.

Asie 2022 : (reprendre le schéma précédent)

Établir, en précisant les étapes, la relation liant le grossissement G aux distances focales f_1' et f_2' .

Exploiter les données caractéristiques d'une lunette.

On demande souvent de calculer le grossissement ou de déterminer l'objectif à choisir pour voir correctement un objet.

Pour voir correctement un objet, on doit avoir α' supérieur à la limite de séparation de l'œil (qui est donnée dans l'exercice). On peut obtenir α' avec la formule du grossissement $\alpha' = G \times \alpha$

Métropole 2023 :

$$G = \frac{f_1'}{f_2'}$$

- Taille approximative du bec d'une oie cendrée : 7 cm ;
- Distance focale de l'objectif L₁ de la longue-vue : $f_1' = 450$ mm
- Distance focale de l'oculaire L₂ de la longue-vue : $f_2' = 30$ mm

Le pouvoir séparateur de l'œil humain est l'angle limite, noté α_m , sous lequel un objet peut être vu distinctement par l'œil (voir figure 2) ; sa valeur est de 3×10^{-4} rad.

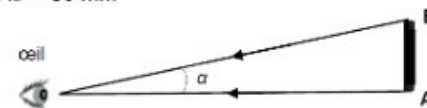


Figure 2. L'objet AB est vu sous un angle α par l'œil. Il peut être distinctement vu par l'œil si $\alpha > \alpha_m$

Q3. Déterminer la distance minimale séparant deux points A et B d'un objet pouvant être vus lorsqu'ils sont situés à une distance de 280 m de l'œil. En déduire si l'oie peut être vue distinctement par l'observateur à l'œil nu puis déterminer si le bec de l'oie peut être observé distinctement.

Q7. Calculer la valeur du grossissement G de la lunette astronomique afocale.

Q8. Indiquer en justifiant si l'observateur voit distinctement, à travers la longue-vue, le bec de l'oie située à 280 m.

Nouvelle calédonie 2023 :

La longueur d'onde de la radiation la plus lumineuse diffusée par Saturne est $\lambda = 705 \text{ nm}$.

L'angle apparent sous lequel le système d'anneaux de Saturne est vu depuis la Terre vaut $\alpha = 8 \times 10^{-5} \text{ rad}$ quand Saturne est au plus près de la Terre.

Le pouvoir séparateur d'un instrument d'optique représente sa capacité à séparer deux points objets A et B très proches.

La limite de résolution angulaire d'un instrument d'optique est le plus petit angle apparent α_{lim} sous lequel sont observés deux points objets dont la lunette donne des images distinctes.

D'après le critère de Rayleigh, deux points objets sont séparés si α (en radians) est supérieur à la limite de résolution α_{lim} , c'est-à-dire $\alpha > \alpha_{\text{lim}} = 1,22 \times \frac{\lambda}{D}$ où D est le diamètre de l'objectif et λ la longueur d'onde de la radiation émise avec le maximum d'intensité par les points objets observés.

La lunette astronomique et l'œil sont limités dans leur capacité à discerner deux points objets.

A.1. Déterminer s'il est possible ou non de profiter du « spectacle exceptionnel » que peut offrir l'observation de la planète Saturne avec ses anneaux à l'œil nu.

On observe Saturne avec une lunette astronomique dont un extrait de la notice technique est reproduit **figure 3**.

Diamètre de l'objectif (en mm)	70
Distance focale de l'objectif (en mm)	900
Mouvement lent	à friction
Monture	azimutale
Ouverture	70
Distances focales des oculaires	20 mm et 10 mm
Grossissement avec équipement livré	45 X et 90 X

Figure 3 : Extrait de la notice d'une lunette astronomique

A.2. À partir du critère de Rayleigh, déterminer la limite de résolution angulaire α_{lim} de cette lunette commerciale.

A.3. Indiquer si le phénomène ondulatoire limitant la résolution empêche ou pas l'observation de Saturne avec la lunette proposée.

Nouvelle Calédonie 2023 :

« Le 20 juin 2019, Saturne s'est retrouvée au plus près de la Terre à **1,36 milliard de kilomètres**. [...] Le télescope spatial Hubble a pu photographier Saturne, particulièrement visible, car entièrement éclairée par le Soleil (**figure 1**). Saturne et son système d'anneaux offriront toujours un spectacle exceptionnel. [...] Ils sont composés de particules de glaces et de roches de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de dimension sur une très faible épaisseur. »

Source : d'après www.futura-sciences.com

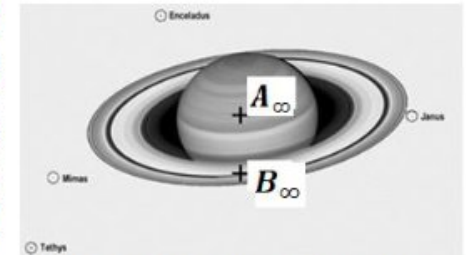


Figure 1 : Image de Saturne depuis le télescope spatial Hubble © Nasa, ESA, photo prise le 20 juin 2019, <https://hubblesite.org>

- Distance $A_{\infty}B_{\infty} = 1,1 \times 10^8 \text{ m}$.

L'exercice proposé étudie la capacité de l'œil à profiter du « spectacle exceptionnel » que peut offrir l'observation de la planète Saturne à l'aide d'une lunette astronomique.

On repère sur la **figure 1** deux points considérés comme infiniment éloignés de la Terre :

- le centre de la planète Saturne, noté A_{∞} ;
- un point de l'anneau externe, noté B_{∞} .

Distance focale de l'objectif (en mm)	900
---------------------------------------	-----

On considère qu'un œil normal ne peut pas distinguer deux points objets A et B très proches si l'angle apparent sous lequel ils sont vus est inférieur à $2,9 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

L'observateur utilise l'oculaire de distance focale 20 mm.

C.3. Valider la valeur du grossissement « 45 X » de la lunette commerciale décrite en **figure 3**.

C.4. Déterminer si l'œil peut théoriquement discerner les anneaux de Saturne avec l'aide de cette lunette.

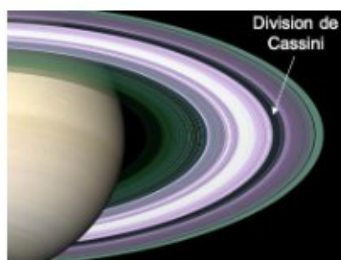
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Asie 2022 :

Pour un astronome amateur, l'observation de Saturne et de ses anneaux est un émerveillement. Ceux-ci sont observables avec une lunette astronomique.

La division de Cassini est une ligne sombre qui sépare deux anneaux concentriques. On l'observe à l'aide d'une lunette commerciale dont les caractéristiques sont :

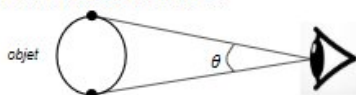
- ✓ Objectif de focale 650 mm ;
- ✓ Trois oculaires interchangeables de focales respectives : 6 mm, 12,5 mm et 20 mm.



Cet exercice porte sur le choix de l'oculaire pour pouvoir distinguer la division de Cassini.

Document : Diamètre apparent et pouvoir de résolution

- Le diamètre apparent d'un objet est l'angle θ entre les rayons lumineux issus des points extrémaux de cet objet lorsqu'ils atteignent l'œil nu d'un observateur.



- Le pouvoir de résolution θ_s de l'œil est l'angle limite en deçà duquel l'œil ne peut distinguer séparément les deux points extrémaux.

Données :

- ✓ Pour un œil humain, le pouvoir de résolution a pour valeur : $\theta_s = 3,0 \times 10^{-4}$ rad.
- ✓ Diamètre apparent de Saturne, anneaux compris : $\theta_{\text{sat}} = 2,08 \times 10^{-4}$ rad.
- ✓ Diamètre apparent de la division de Cassini : $\theta_{\text{cas}} = 3,39 \times 10^{-6}$ rad.
- ✓ On rappelle que le grossissement G de la lunette est défini comme étant le rapport du diamètre apparent de l'image observée à travers la lunette θ' à celui de l'objet θ observé à l'œil nu :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

- Une lunette est dite afocale si elle donne une image à l'infini d'un objet situé à l'infini.
- Pour un petit angle α , exprimé en radians, $\tan \alpha \approx \alpha$.

1. Expliquer pourquoi la division de Cassini ne peut pas être distinguée à l'œil nu.
2. Montrer que le grossissement minimal nécessaire pour observer la division de Cassini est d'environ 89.
9. Sur la base des résultats précédents, déterminer l'oculaire que doit choisir l'utilisateur parmi les trois proposés en introduction pour pouvoir observer la division de Cassini. Justifier.

$$G = \frac{f_1}{f_2}$$

DIFFRACTION :

Cours :

Définir la diffraction (préciser les conditions d'observation)

.....

.....

.....

Donner la formule reliant l'angle caractéristique, la longueur d'onde et la taille de l'ouverture.

.....

.....

Exploiter la relation de l'angle caractéristique et la longueur d'onde.

≡ Démonstration à connaître :

- 1) Se placer dans un triangle rectangle et exprimer la tangente de l'angle θ (utiliser le schéma)
- 2) Utiliser la relation du cours pour trouver θ
- 3) Utiliser l'approximation des petits angles $\tan \theta \approx \theta$ pour fusionner la formule 1 et 2.

Polynésie 2023 :

La figure de diffraction d'un faisceau laser par une cellule est donc similaire à celle obtenue avec un trou circulaire de même diamètre. Elle peut être schématisée par l'illustration ci-après :

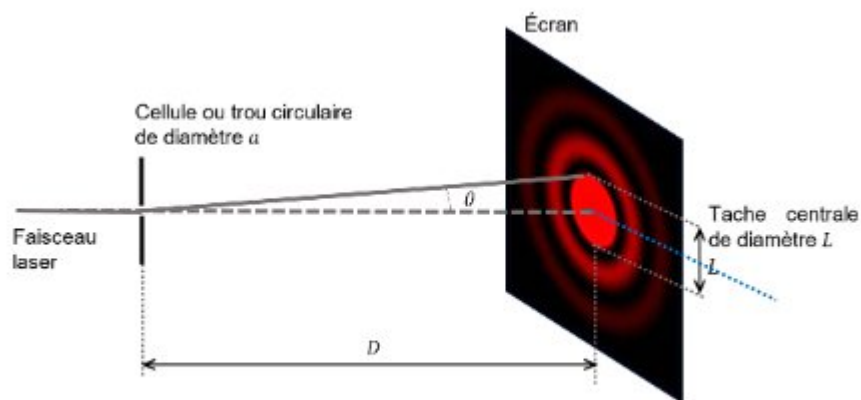


Figure 1 - Diffraction d'un faisceau laser par un trou circulaire ou une cellule

En se plaçant dans l'approximation des petits angles, la relation entre l'angle caractéristique de diffraction θ , la longueur d'onde λ du laser et le diamètre a de la cellule ou trou peut s'écrire : $\theta = 1,22 \times \frac{\lambda}{a}$.

1. Par des considérations géométriques, établir la relation existant entre l'angle caractéristique de diffraction θ , le diamètre L de la tache centrale de diffraction et la distance D séparant le capteur de la cellule ou du trou diffractant.
2. En se plaçant dans l'approximation des petits angles, telle que $\tan \theta \approx \theta$, montrer qu'on peut écrire : $a = \frac{2,44 \times D \times \lambda}{L}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Polynésie 2022 :

En rentrant du concert, l'élève consulte une activité expérimentale sur la diffraction des ondes lumineuses dont voici un extrait : « On dispose d'un laser de longueur d'onde inconnue λ face à une fente de largeur a réglable et d'un écran situé à une distance D égale à 2,00 m de la fente. On observe sur l'écran une figure de diffraction de tache centrale de largeur L . Le schéma de la figure 1 modélise le montage réalisé. »

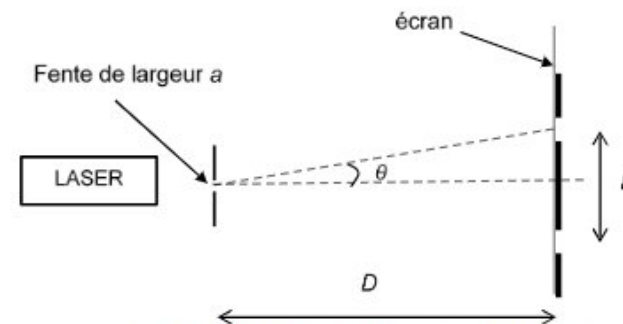


Figure 1. Schéma du montage expérimental

L'angle caractéristique de diffraction θ , en radian, a pour expression : $\theta = \frac{\lambda}{a}$. L'angle θ étant petit, on peut considérer que la valeur de la tangente de l'angle θ est égale à l'angle θ : $\tan \theta = \theta$.

1. Montrer que la largeur L de la tache centrale de diffraction a pour expression :

$$L = \frac{2\lambda D}{a}$$

Métropole 2022 :

Pour illustrer ce principe au laboratoire, on place, sur un banc d'optique, un laser émettant une onde de longueur d'onde λ et un fil de diamètre a connu. Un écran est placé à une distance D du fil. La largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction est mesurée directement sur l'écran (figure 2).

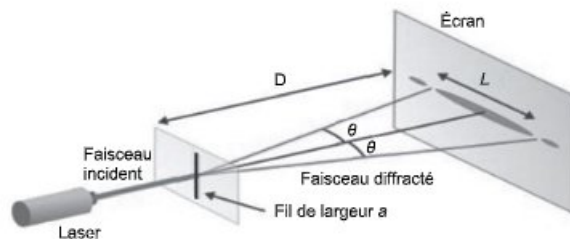


Figure 2. Montage illustrant le principe physique utilisé par l'appareil de contrôle du diamètre d'un fil

- Q1. Indiquer qualitativement comment évolue l'angle caractéristique de diffraction θ avec le diamètre a du fil.
- Q2. Écrire, à l'aide de la figure 2, la relation entre l'angle caractéristique de diffraction θ et les grandeurs D et L .
- Q3. Établir l'expression de la largeur L de la tache centrale de la figure de diffraction en fonction de λ , D et a .

- ≤ Exploiter la relation pour trouver « a »
- On peut isoler « a » dans la formule (on utilise souvent un calcul d'incertitude pour la valeur)
 - On peut être amené à effectuer plusieurs mesures et à tracer un graphique (points alignés). Il faut alors calculer le coefficient directeur utiliser la relation démontrée précédemment.

Polynésie 2023 :

$$a = \frac{2,44 \times D \times \lambda}{L}$$

Le principe de la mesure effectuée par un analyseur d'hématologie peut être reproduit en laboratoire.

Une cellule placée sur le trajet d'un faisceau laser de longueur d'onde $\lambda = (635 \pm 1) \text{ nm}$, génère une figure de diffraction dont la tache centrale a un diamètre $L = (45 \pm 1) \text{ mm}$ sur un capteur placé à une distance $D = (350 \pm 1) \text{ mm}$ de la cellule.

3. Déterminer la valeur de la taille de la cellule notée a_{exp} avec quatre chiffres significatifs.

L'incertitude-type sur la taille de la cellule est donnée par l'expression suivante :

$$u(a) = a_{\text{exp}} \times \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

avec $u(D) = u(L) = 1 \text{ mm}$ et $u(\lambda) = 1 \text{ nm}$

4. Déterminer la valeur de l'incertitude-type $u(a)$ arrondie à deux chiffres significatifs, puis écrire la valeur de la taille a de la cellule sous la forme : $a = a_{\text{exp}} \pm u(a)$ avec un nombre correct de chiffres sur la valeur de a_{exp} .

Le résultat d'une mesure x est considéré en accord avec une valeur de référence x_{ref} si la valeur du quotient $\frac{|x - x_{\text{ref}}|}{u(x)}$ est inférieure ou égale à 2, avec $u(x)$, l'incertitude-type associée.

5. Émettre une hypothèse sur la nature de la cellule analysée. Valider cette hypothèse par un calcul.

Lors de l'activité expérimentale, des mesures de la largeur L de la tâche centrale de diffraction sur l'écran ont été effectuées en faisant varier la taille a de la fente. L'élève a ensuite obtenu le graphique de la figure 2.

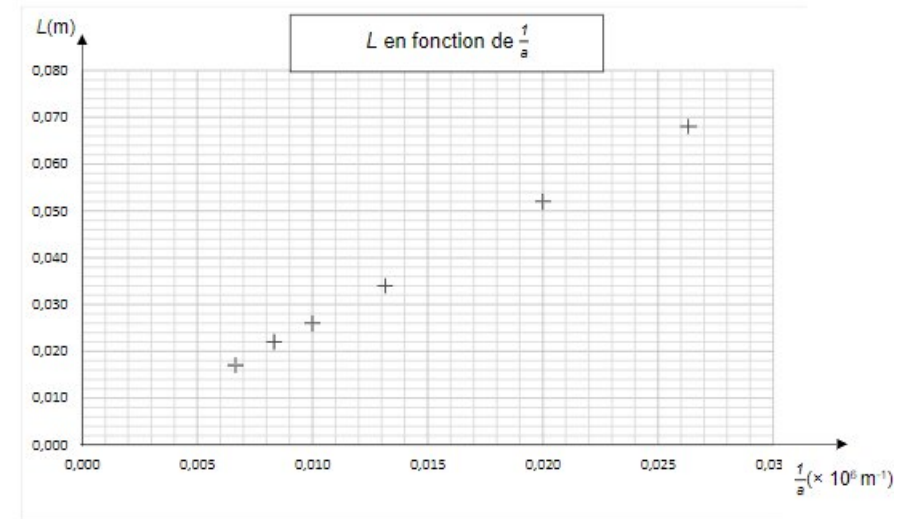


Figure 2. Graphique représentant la largeur de la tâche centrale L en fonction de $\frac{1}{a}$

2. À l'aide de la figure 2, montrer que la relation entre L et $\frac{1}{a}$ est du type $L = k \times \frac{1}{a}$.
3. En utilisant la relation donnée question 1. indiquer l'expression de k en fonction de λ et D .
4. Montrer que la valeur de la longueur d'onde λ est égale à $6,5 \times 10^{-7} \text{ m}$.

- Exploiter la relation pour trouver « λ »
- On peut isoler « λ » dans la formule (on utilise souvent un calcul d'incertitude pour la valeur)
- On peut être amené à effectuer plusieurs mesures et à tracer un graphique (points alignés). Il faut alors calculer le coefficient directeur utiliser la relation démontrée précédemment.

Polynésie 2022 :

En rentrant du concert, l'élève consulte une activité expérimentale sur la diffraction des ondes lumineuses dont voici un extrait : « On dispose d'un laser de longueur d'onde inconnue λ face à une fente de largeur a réglable et d'un écran situé à une distance D égale à 2,00 m de la fente. On observe sur l'écran une figure de diffraction de tâche centrale de largeur L . Le schéma de la figure 1 modélise le montage réalisé. »

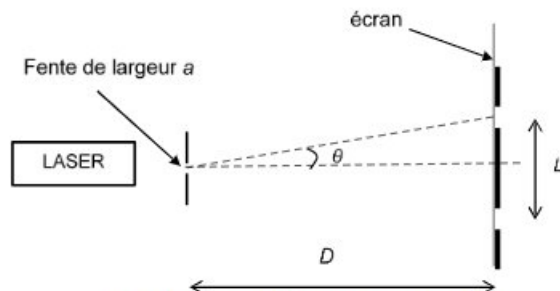
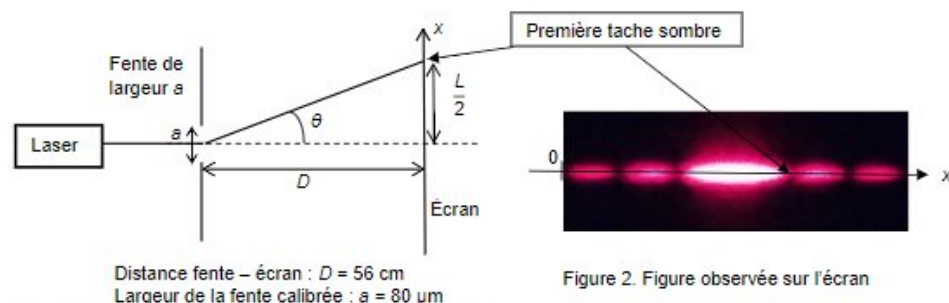


Figure 1. Schéma du montage expérimental

Métropole 2021 :

On se propose dans cet exercice de déterminer la taille des mailles d'un tamis en utilisant une diode laser de longueur d'onde $\lambda = (650 \pm 10)$ nm.

Pour vérifier la valeur de la longueur d'onde de la diode laser annoncée par le constructeur, on réalise une expérience dont le schéma est donné ci-dessous (figure 1).



Pour faire une mesure précise, on remplace l'écran par une caméra qui permet d'obtenir l'intensité lumineuse relative* en fonction de la position x , repérée selon l'axe indiqué sur la photo de la figure 2. L'origine $x = 0$ est prise sur le bord du capteur de la caméra. On obtient alors la figure 3.

* L'intensité lumineuse relative est le rapport de l'intensité lumineuse reçue par le capteur sur l'intensité maximale reçue.

1.3. Déterminer la valeur de la longueur d'onde de la diode laser utilisée en exploitant la courbe obtenue sur la figure 3. La comparer à la valeur indiquée par le constructeur.

$$L = \frac{2\lambda D}{a}$$

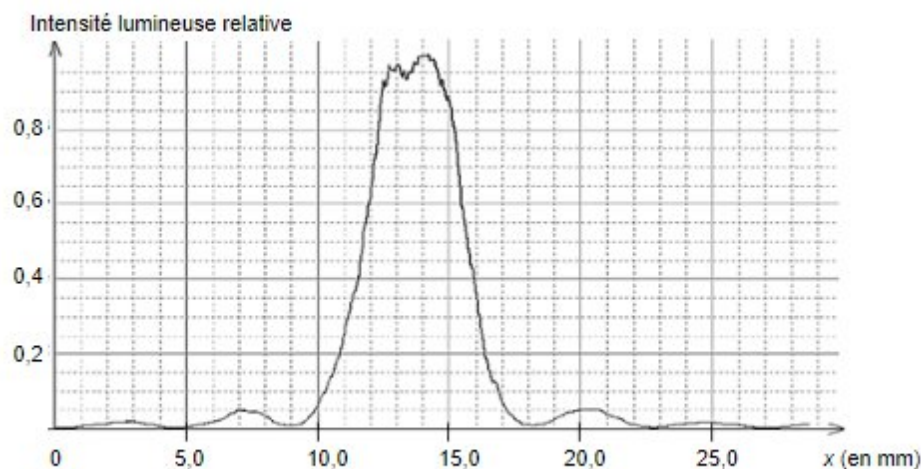


Figure 3. Intensité lumineuse relative en fonction de la position sur l'écran

Caractériser le phénomène de diffraction

≡ C'est un changement de la direction de propagation de l'onde.

Polynésie 2022 :

On rappelle que les caractéristiques de diffraction des ondes sont les mêmes pour les ondes lumineuses et les ondes sonores.

Lors du concert, l'élève constate qu'il perçoit mieux les sons graves de fréquence f_1 égale à 200 Hz que les sons aigus de fréquence f_2 de valeur 1,00 kHz.

Donnée :

➤ Vitesse du son dans l'air à la température de 20°C : $V_{\text{son}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

7. Exprimer la longueur d'onde λ d'une onde sonore en fonction de la vitesse du son V_{son} et de sa fréquence f .

8. Montrer que les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 correspondant aux sons de fréquence f_1 et f_2 ont pour valeurs $\lambda_1 = 1,70 \text{ m}$ et $\lambda_2 = 0,340 \text{ m}$.

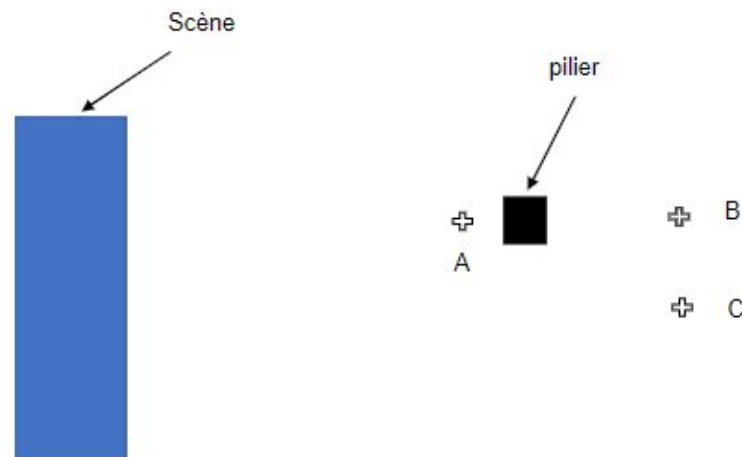


Figure 3. Schéma de la situation

La figure 3 ci-dessus représente la scène, un pilier de largeur voisine de 70 cm et les positions possibles de l'élève lors du concert, repérées par les lettres A, B et C.

On admettra que la diffraction par le pilier est identique à celle créée par une fente de même largeur.

9. En se référant à la figure 1 et à la réponse apportée à la question 8, choisir, en justifiant qualitativement, parmi les positions A, B ou C celle qui correspondrait le mieux à la situation décrite par l'élève lors du concert.

- durée limite d'exposition d'un individu sans protection avant dommages :

Niveau d'intensité sonore	Durée limite d'exposition
de 120 à 140 dB	quelques secondes suffisent à provoquer des dégâts irréversibles
107 dB	1 min par jour
101 dB	4 min par jour
95 dB	15 min par jour
92 dB	30 min par jour
86 dB	2h par jour
80 dB	8h par jour

D'après cochlea.org/bruit-attention-danger-l-protection

- Q.10. Au cours d'un match, l'arbitre donne environ 200 coups de sifflet. La durée moyenne du coup de sifflet étant de 0,3 s, indiquer si l'arbitre encourt un risque auditif. Justifier.
- Q.12. Calculer l'intensité sonore / perçue par l'arbitre sans protection lors du coup de sifflet.
- Q.13. Montrer que la puissance de la source sonore constituée par le sifflet est égale à $P = 8,9 \times 10^{-2} \text{ W}$.

Un spectateur proche du terrain est situé à 5,0 m de l'arbitre. On admet que le seul son parvenant à son oreille est celui émis par le sifflet, considéré comme une source isotrope.

- Q.14. Déterminer le niveau d'intensité sonore que ce spectateur perçoit.

En réalité, le son produit par le sifflet se superpose au bruit ambiant. En dehors des « pics » de bruit produits par le public manifestant sa joie suite à un but marqué ou par les coups de sifflets de l'arbitre, le niveau d'intensité sonore dû au bruit ambiant, perçu par chaque spectateur, est égal à 75 dB. À 15 m de l'arbitre, l'intensité sonore due au son du sifflet a même valeur que celle due au bruit ambiant.

- Q.16. Déterminer le niveau d'intensité sonore global perçu par un spectateur à cette distance.

Exploiter les différentes formes d'atténuation

$$\leq A = L - L'$$

$\leq$ L'atténuation peut être géométrique (lié à la distance par rapport à la source). Dans ce cas, on peut calculer I' avec la formule $I' = \frac{P}{4\pi d^2}$

avec d la distance par rapport à la source. On considère que P est constant dans ces cas là. On peut alors en déduire la valeur de L'

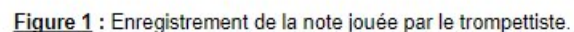
$\leq$ L'atténuation peut être physique (bouchons d'oreille par exemple)

Nouvelle Calédonie 2023 :

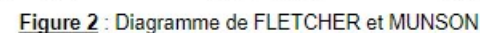
On considère qu'un spectateur, situé à 2 m d'une source de musique, perçoit un son dont le niveau sonore est $L_{tot} = 100 \text{ dB}$

A.5. Préciser, sans calcul, si un spectateur situé sur le trottoir à 10 m de la source {tracteur + sono} perçoit un niveau sonore supérieur, égal ou inférieur à L_{tot} . Justifier.

Le DJ diffuse un solo de trompette.
Un spectateur enregistre une note de ce solo de trompette lorsque le char s'arrête devant lui (le moteur du tracteur est alors à l'arrêt). Il obtient, après traitement, l'enregistrement ci-dessous.



Ce diagramme représente des courbes de même perception des sons par une oreille humaine normale (courbes isosoniques).



Source : fr.wikipedia.org/wiki/Courbe_isosonique

B.2. Indiquer, en justifiant, si le seuil de douleur est atteint pour un spectateur placé à 2 m du char, lorsque la note de fréquence f émise par le trompettiste est diffusée.

[illegible]

Polynésie 2022 :

Le niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels. L'échelle va de 0 à 120 dB. La limite de nocivité est située à 85 dB. Au-dessous, aucun risque auditif. Au-dessus, la nocivité augmente avec le niveau. On trouve des valeurs supérieures à 90 dB dans la vie professionnelle, les activités de loisirs (fêtes, sports mécaniques) et la musique.

D'après <http://www.journee-audition.org/pdf/nos-oreilles.pdf>

On peut lire dans un guide d'information de la journée nationale de l'audition l'affirmation suivante : « vous êtes exposé à 85dB et plus si, dans une file de voiture, votre voisin entend votre autoradio toutes vitres fermées. »

L'objectif de cet exercice est de vérifier l'affirmation du guide d'information.

Donnée :

- Le niveau d'intensité sonore L est lié à l'intensité sonore I par la relation :

$$L = 10 \times \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

avec I_0 l'intensité sonore de référence en watt par mètre carré, L en décibels et I en watt par mètre carré

Étude du son perçu par les conducteurs de deux voitures ayant les fenêtres baissées.

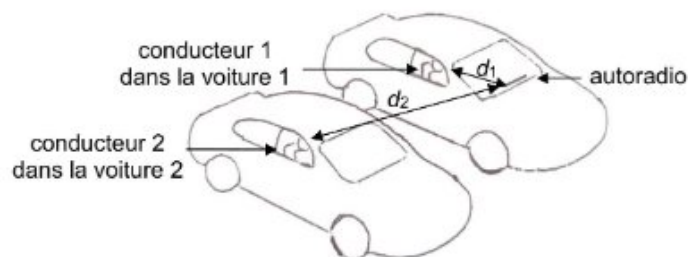


Figure 1. Schéma représentant les deux voitures côte à côte.

Dans la voiture 1, le conducteur 1 allume son autoradio. L'oreille du conducteur 1 est située à une distance d_1 égale à 1.0 m de l'autoradio. Les fenêtres de la voiture sont baissées.

Dans la voiture 2, les fenêtres sont également baissées. L'oreille du conducteur 2 est située à une distance d_2 égale à 3,1 m de l'autoradio de la première voiture.

Dans cette première partie, on considérera que l'atténuation de l'onde sonore ne dépend que de la distance entre la source et le récepteur et que la source est ponctuelle.

Donnée :

- Dans le modèle de l'atténuation géométrique et pour une source ponctuelle, l'intensité sonore I perçue à une distance d de la source est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

Avec P la puissance de l'onde sonore en watt et d la distance à la source en mètre.

1. Exprimer l'intensité sonore I_1 reçue par le conducteur 1 en fonction de la puissance sonore P et de d_1 puis exprimer l'intensité sonore I_2 reçue par le conducteur 2 en fonction de P et de d_2 .
2. À l'aide des données, montrer que l'atténuation géométrique $A_{\text{géo}}$ du conducteur 1 au conducteur 2 en décibels peut s'exprimer sous la forme :

$$A_{\text{géo}} = 10 \times \log \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

3. Vérifier que l'atténuation $A_{\text{déb}}$ est égale à 9,8 dB.

Dans la suite, la valeur de l'atténuation $A_{0\text{dB}}$ sera arrondie à 10 dB.

En plaçant son smartphone près de son oreille et en utilisant une application sonomètre, le conducteur 1 mesure un niveau d'intensité sonore $L_1 = (80 \pm 3)$ dB. Le conducteur 2 fait de même et mesure un niveau d'intensité sonore $L_2 = (68 \pm 3)$ dB.

4. À l'aide des mesures précédentes, calculer la valeur expérimentale A_{mesure} de l'atténuation géométrique.

Données :

- L'incertitude-type $u(A_{\text{mesure}})$ sur la grandeur A_{mesure} peut se calculer à partir de la relation :

$$u(A_{\text{measure}}) = \sqrt{(u(L_1))^2 + (u(L_2))^2}$$

avec $u(x)$ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x

- Le z-score noté z , correspond à l'écart entre le résultat de la mesure x et la valeur de référence x_{ref} évalué en nombre d'incertitude-type.

$$z = \frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}$$

Si le z-score z est inférieur à 2 alors x et x_{ref} sont considérés compatibles.

5. Calculer l'incertitude-type de l'atténuation A_{mesure} .
6. Comparer, en utilisant le z-score, l'atténuation $A_{\text{géo}}$ et l'atténuation mesurée A_{mesure} et conclure sur la compatibilité de ces deux valeurs.

[illegible]

[illegible]

Dans cette partie, les deux conducteurs ferment entièrement leurs fenêtres et le conducteur 1 monte le volume de l'autoradio jusqu'à ce qu'il soit audible par le conducteur 2.

Données :

8. Déterminer si le conducteur 1 est exposé à un niveau d'intensité sonore supérieur à la limite de nocivité.

INTERFERENCES

Cours :

Conditions d'observation et définition de l'interférence de deux ondes.

Définir interférences constructives et destructives (avec formules) :

Dessiner le schéma des fentes de Young, établir la formule de la différence de marche deux ondes :

Définir l'interfrange :

Caractériser le phénomène d'interférences et en citer des conséquences.

- ⊆ Lorsque l'on observe des alternances de franges sombres et lumineuses (lumière)
- ⊆ Lorsque l'on observe des coupures de sons ou des sons inaudibles (sons)

Métropole 2021 :

Le phénomène d'interférences peut être utilisé pour déterminer l'épaisseur d'un matériau transparent. Dans cet exercice, l'objectif est de déterminer l'épaisseur d'un film de savon en réalisant une expérience simple.

1. Le phénomène d'interférences

Le film de savon éclairé en lumière blanche est photographié. L'image est traitée par un logiciel qui permet de sélectionner une couleur correspondant à la longueur d'onde λ dans l'air égale à 600 nm. Le résultat est présenté en figure 3.

- 1.1. En utilisant la figure 3, expliquer comment distinguer les zones où les interférences sont constructives de celles où les interférences sont destructives.
- 1.2. Donner qualitativement la condition d'interférences constructives et celle d'interférences destructives.



Figure 3. Interférences sur le film de savon

Centres étrangers 2021 :

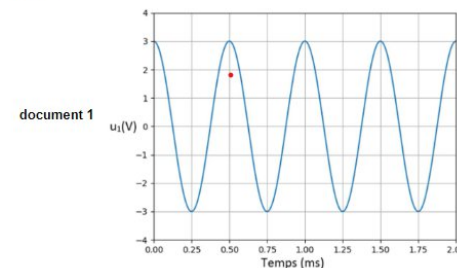
Compte tenu du niveau d'intensité sonore dans l'avion, les pilotes utilisent des casques d'aviation ANR (pour *Active Noise Reduction* ou *Réduction Active de Bruit*), aussi appelés casques actifs, pour faciliter les communications. Le fonctionnement de ces casques repose sur une technologie électronique qui permet de capter les bruits extérieurs via un microphone placé sur la coque du casque, et d'émettre, dans l'écouteur du casque, un signal qui vient se superposer au bruit de l'avion de façon à le réduire.

3. Nommer le phénomène physique exploité par la technologie ANR.

Afin d'illustrer au laboratoire le principe d'un casque ANR, on place un microphone en face de deux enceintes sonores. La première enceinte produit un son modélisant le bruit de l'avion par un signal de fréquence unique. Le **document 1** donné en annexe montre l'évolution temporelle de la tension u_1 aux bornes du microphone.

4. Représenter sur le **document 1 en annexe à rendre avec la copie**, l'allure du signal que doit produire la deuxième enceinte pour « supprimer » le son modélisant le bruit de l'avion.

Question 4



Etablir les conditions d'interférences constructives et destructives.

- ⊆ Constructives : Deux ondes qui atteignent leur maximum/minimum en même « temps » (décalées de $k \times \lambda$)
- ⊆ Destructives : Lorsque l'une des ondes atteint son maximum, l'autre atteint son minimum. Elles s'annulent (décalées de $(2k+1) \frac{\lambda}{2}$)

Polynésie 2023 :

Dorothy Crowfoot utilise les rayons X pour comprendre comment s'ordonnent les molécules au sein de cristaux d'insuline.

Les molécules qui constituent le cristal sont repérées par des disques noirs sur la figure 2.

Les rayons X arrivent parallèles entre eux et sont réfléchis par les molécules. Les ondes réfléchies interfèrent entre elles.

La figure 2 représente une coupe de plans passant par les centres des molécules, espacées d'une distance L . L'angle θ détermine l'incidence d'un faisceau parallèle de rayons X sur ces plans.

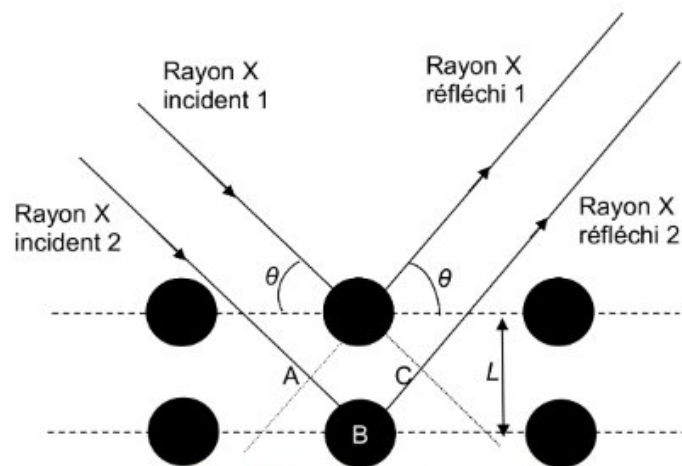


Figure 2. Plan de coupe d'un cristal.

Un dispositif, non représenté sur la figure 2, permet de superposer sur un écran les rayons 1 et 2 réfléchis.

Q7. À l'aide de la figure 3 suivante représentant l'évolution temporelle de l'amplitude de trois ondes α , β et ε en ce point, choisir deux ondes qui permettent d'obtenir des interférences constructives puis deux ondes qui permettent d'obtenir des interférences destructives. L'échelle temporelle est la même sur les trois graphes.

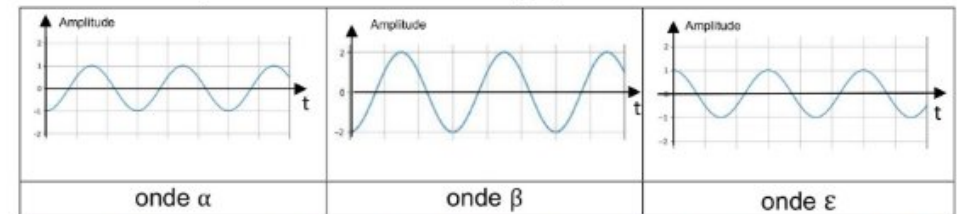


Figure 3. Graphiques représentant l'amplitude de trois ondes de même fréquence en fonction du temps.

Données :

- La différence de chemin optique δ entre les deux rayons X réfléchis représentés sur la figure 2 vaut $\delta = 2 \cdot L \cdot \sin \theta$;
- Si la différence de chemin optique vaut $\delta = k \times \lambda$, avec k entier non nul, alors les interférences sont constructives ;
- L'angle d'incidence θ des rayons X vaut 10° ;
- La longueur d'onde λ des rayons X vaut $0,150 \text{ nm}$;
- $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$.

Afin que les rayons X puissent interagir avec le cristal, il faut que l'ordre de grandeur de la distance L soit le même que celle de la longueur d'onde λ des rayons X.

Q8. À l'aide des données précédentes, déterminer la valeur de la longueur L dans le cristal, dans le cas où l'on obtient des interférences constructives pour une différence de chemin optique minimale.

Métropole 2021 :

Données :

- la valeur de la célérité c de la lumière dans le vide et dans l'air est supposée connue du candidat ;
- la valeur de l'indice de réfraction à l'intérieur du film de savon est $n = 1,34$ pour toutes les longueurs d'onde.

1.3. Sur la figure 4, on représente le film de savon dans le cas où la lumière arrive perpendiculairement à sa surface. Au voisinage du point M, on considère que les deux faces du film de savon sont parallèles et que l'épaisseur du film e est égale à 900 nm.

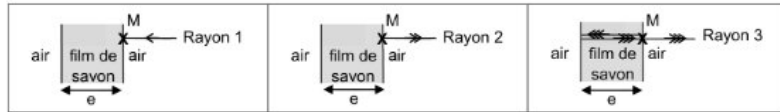


Figure 4. Représentation du trajet des rayons 1, 2 et 3 tels que définis en introduction

Dans les conditions d'éclairage et d'épaisseur de film précédentes, on admet que la différence de chemin optique $\delta(M)$ au point M entre les rayons 3 et 2 a pour expression :

$$\delta(M) = 2n \cdot e - \frac{\lambda}{2}$$

Déterminer à l'aide d'un calcul si les interférences au point M sont destructives ou constructives.

2. Comparaison du phénomène d'interférences suivant la longueur d'onde étudiée

La photo de l'expérience est traitée à l'aide d'un logiciel pour réaliser l'étude du phénomène en lumière bleue ($\lambda_{\text{bleu}} = 458 \text{ nm}$) et en lumière rouge-orangée ($\lambda_{\text{rouge}} = 600 \text{ nm}$).

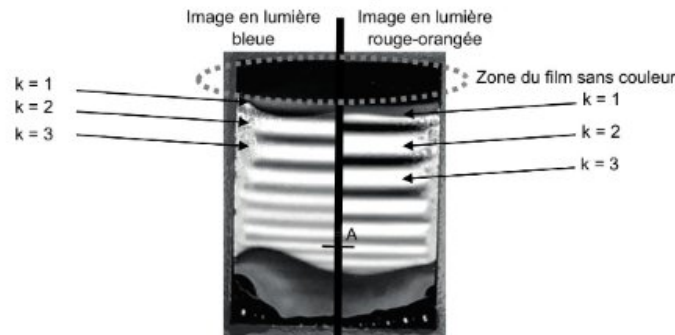


Figure 5. Montage photo des résultats des deux expériences

En raison des phénomènes de réflexion des rayons, les interférences constructives apparaissent pour différentes épaisseurs du film de savon.

2.1. Montrer que les épaisseurs correspondant à des interférences constructives sont données par la relation suivante :

$$e_k = \left(\frac{2k+1}{4} \right) \frac{\lambda}{n}$$

avec n l'indice de réfraction du milieu, e_k l'épaisseur du film, k un nombre entier avec $k \geq 0$ et λ la longueur d'onde dans l'air sélectionnée par le traitement de l'image.

2.2. Calculer l'épaisseur minimale pour que des interférences constructives en lumière bleue apparaissent.

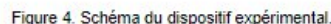
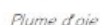
2.3. La zone sans couleur de la figure 5 en haut du support correspond à une épaisseur de film très faible. On obtient alors des interférences destructives. On observe qu'au cours du temps la surface de cette zone s'étend vers le bas. Proposer une explication.

2.4. Sur la photo de la figure 5, au niveau du point A, on observe des interférences constructives à la fois en lumière bleue et en lumière rouge-orangée. Déterminer l'épaisseur du film de savon au point A afin de rendre compte de ces observations.

- 1) On nous aide à prouver ou on nous donne $\delta = \frac{b \times x}{D}$
- 2) On sait que les interférences sont constructives ssi $\delta = k \times \lambda$
- 3) On fusionne 1 et 2

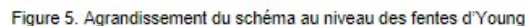
Pour identifier l'espèce d'un oiseau, la plume est une des parties du corps de l'animal qu'il est possible d'étudier. Les plumes d'oiseaux sont des objets complexes qui possèdent des structures géométriques périodiques à des échelles différentes, qu'il est possible d'étudier par des méthodes interférométriques.

La figure 4 donne une schématisation d'une expérience des fentes d'Young, de centres F_1 et F_2 , ainsi qu'une photographie de la figure d'interférences obtenue.



Les ondes issues des fentes interfèrent sur l'écran. En un point M de celui-ci, on admet que la différence de chemin optique entre les deux ondes s'écrit $\delta = F_2M - F_1M$ (voir figure 4).
L'écran est situé à une distance D des fentes très grande devant la distance b ($D \gg b$).
Dans l'approximation des petits angles ($\theta \ll 1$ rad) : $\sin \theta \approx \theta$; $\tan \theta \approx \theta$.

Sur la figure 5, le point H représente le projeté orthogonal de F₁ sur le segment [F₂M]. On admet que la différence de chemin optique δ est égale à la longueur du segment [F₂H].


$$\delta = b \cdot \theta$$
$$S = \frac{b \cdot x}{D}$$

Q12. En déduire l'expression des abscisses x_k des franges brillantes, en fonction de λ , D , b et d'un entier relatif k .

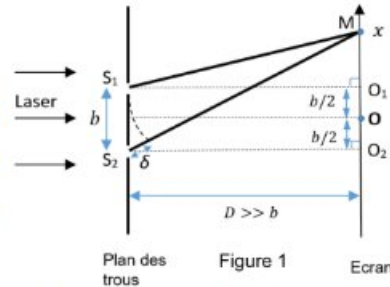
[illegible]

Asie 2022 :

Dans cet exercice, on utilise la figure d'interférences obtenues dans l'expérience des trous d'Young pour déterminer une valeur de longueur d'onde lumineuse du laser utilisé.

La figure 1 ci-dessous décrit le trajet des ondes lumineuses issues des deux trous d'Young. Chaque trou se comporte comme une source ponctuelle d'ondes lumineuses.

- S_1 et S_2 les trous d'Young
- b est la distance entre les deux trous d'Young
- D est la distance entre le plan de deux trous d'Young et l'écran
- M est le point de l'écran où l'on observe les interférences
- La distance D est très supérieure à la distance b ($D \gg b$).



On note S_1M la distance qui sépare S_1 de M et S_2M la distance qui sépare S_2 de M .

Données :

- La différence de chemin optique, ou différence de marche, δ des deux ondes au point M de coordonnée x s'exprime sous la forme :
$$\delta = n_{\text{milieu}} \cdot (S_2M - S_1M)$$

avec n_{milieu} l'indice de réfraction du milieu traversé.
- La valeur de la vitesse de la lumière dans l'air v_{air} est égale à $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
- L'indice de réfraction d'un milieu est par définition $n_{\text{milieu}} = \frac{c}{v_{\text{milieu}}}$
avec v_{milieu} la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu étudié.

Relation entre l'interfrange et la longueur d'onde

1. Justifier que la différence de marche δ peut être assimilée à $(S_2M - S_1M)$ dans le cas où le milieu traversé par les ondes lumineuses est l'air.
2. En appliquant le théorème de Pythagore dans les triangles S_1O_1M et S_2O_2M de la figure 1, donner les expressions de $(S_1M)^2$ et $(S_2M)^2$ en fonction de D , x et $\frac{b}{2}$.

La distance D entre les trous d'Young et l'écran étant très supérieure à b , on peut montrer que $(S_1M)^2 - (S_2M)^2 = 2 D \delta$.

3. En s'appuyant sur les résultats de la question précédente, en déduire que la différence de marche s'écrit : $\delta = \frac{x \cdot b}{D}$
4. À l'aide des données et en admettant que $\delta = \frac{x \cdot b}{D}$, montrer que $x = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{b}$ pour un point M situé au maximum d'intensité d'une frange brillante.

Etablir l'expression de l'interfrange dans le cas des trous de Young et l'exploiter.

On utilise liant x à k et on calcule : $i = x(k+1) - x(k)$

Pour mesurer i , on peut mesurer l'écart d entre n franges brillantes sur une photo ou un graphe d'énergie et on a alors $i = d/(n-1)$

Métropole septembre 2023 :

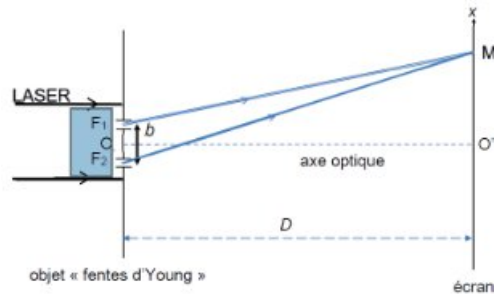


Figure 4. Schéma du dispositif expérimental.

$$\delta = \frac{b \cdot x}{D}$$

Q13. Montrer que l'interfrange i est donnée par l'expression littérale suivante :

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{b}$$

Asie 2022 :

Données :

- Les interférences de deux ondes de même longueur d'onde λ et synchrones en un point sont :
 - constructives en tout point où $\delta = k \cdot \lambda$ (avec k un entier relatif),
 - destructives en tout point où $\delta = (k + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$ (avec k un entier relatif).
- La distance entre les trous d'Young est $b = 2,0 \times 10^{-4} \pm 0,1 \times 10^{-4}$ m ;
- La distance D entre le plan des trous et l'écran a pour valeur $D = 119,0 \pm 0,5$ cm.

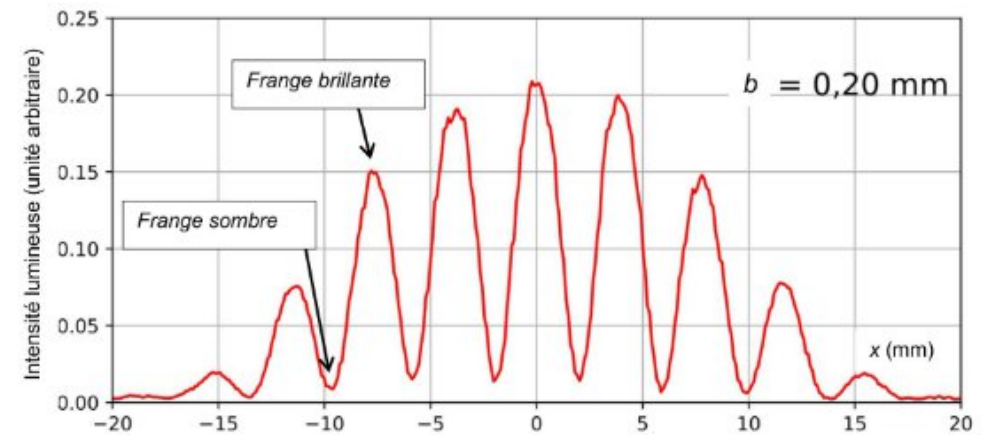


Figure 3 : Courbe représentant les variations d'intensité lumineuse pour la figure d'interférences de l'expérience de Young

Source : f-legrand.fr

$$\delta = \frac{b \cdot x}{D}$$

5. Établir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ , b et D .

6. À l'aide de la figure 3 déterminer précisément la valeur de l'interfrange i .

7. En déduire la valeur de la longueur d'onde de la lumière utilisée dans cette expérience.

Plusieurs lasers ont pu être utilisés dans cette expérience :

Laser	bleu	vert	Rouge A	Rouge B	Rouge C
Longueur d'onde	473 nm	532 nm	632 nm	650 nm	694 nm

$$u(\lambda) = \lambda \times \sqrt{\left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$u(\lambda)$, $u(b)$, $u(i)$ et $u(D)$ sont les incertitudes-types associées respectivement aux valeurs de λ , b , i et D .

8. Parmi les lasers cités, identifier le (ou les) laser(s) qui ont pu être utilisé(s) pour réaliser l'expérience.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, à justifier ses choix et à présenter sa démarche.

Métropole 2021 :

- on utilise la diode laser de longueur d'onde $\lambda = (650 \pm 10) \text{ nm}$. La distance entre le tamis et l'écran vaut $D = (7,75 \pm 0,03) \text{ m}$;
- on note b la distance entre les centres de deux trous consécutifs du maillage du tamis ;
- la figure d'interférences obtenue est donnée sur les figures 6 et 7.

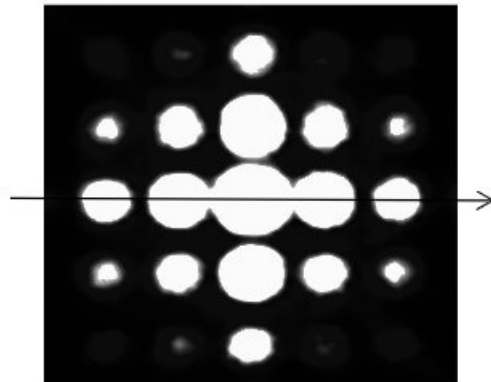


Figure 7. Tache centrale de la figure d'interférences à l'échelle 1/1

L'expression de l'interfrange est donnée par la relation : $i = \frac{\lambda \times D}{b}$.

L'incertitude-type $u(b)$ sur la grandeur b peut se calculer à partir de la relation :

$$\frac{u(b)}{b} = \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$$

où $u(x)$ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x

2.2. Évaluer la valeur de l'interfrange i en explicitant la méthode suivie pour obtenir la meilleure précision.

Évaluer l'incertitude-type $u(i)$ sur la mesure de l'interfrange i .

2.3. Calculer b puis évaluer $v(b)$.

[illegible]

EFFET DOPPLER

Cours :

Définir l'effet Doppler.

Comment se traduit l'effet Doppler en termes de fréquence, longueur d'onde et période lorsque la source se rapproche de l'observateur ? Faire un schéma

Comment se traduit l'effet Doppler en termes de fréquence, longueur d'onde et période lorsque la source s'éloigne de l'observateur ? Faire un schéma.

Comment se traduit l'effet Doppler pour des ondes sonores ? Ondes lumineuses ?

Etablir l'expression du décalage Doppler : observateur fixe, une dimension, émetteur mobile.

Antilles 2011 :

Cet exercice propose d'étudier le principe de l'effet Doppler sonore. Pour simplifier cette approche, la réflexion de l'onde sur l'obstacle ne sera pas prise en compte.

Par ailleurs, on rappelle que plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

$c = 340 \text{ m/s}$.

Le véhicule se déplace maintenant vers la droite à la vitesse v inférieure à c .

La **figure 2** donnée ci-après représente le front de l'onde sonore à la date $t = 4 T$.

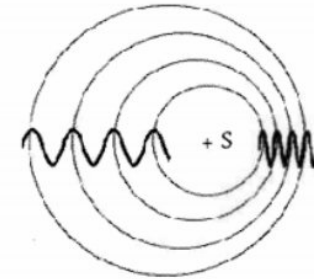


Figure 2

2.2. Le véhicule se rapproche d'un observateur immobile.

Pendant l'intervalle de temps T , le son parcourt la distance λ . Pendant ce temps, le véhicule parcourt la distance $d = v \cdot T$.

La longueur d'onde λ' perçue par l'observateur à droite de la source S a donc l'expression suivante :

$$\lambda' = \lambda - v \cdot T \quad (1)$$

2.2.1. Rappeler la relation générale liant la vitesse de propagation, la longueur d'onde et la fréquence.

2.2.2. En déduire que la relation (1) permet d'écrire $f' = f \cdot \frac{c}{c - v}$ (f' étant la fréquence sonore perçue par l'observateur).

2.2.3. Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son d'origine ? Justifier.

2.3. Dans un deuxième temps, le véhicule s'éloigne de l'observateur à la même vitesse v .

2.3.1. Donner, sans démonstration, les expressions de la nouvelle longueur d'onde λ'' et de la nouvelle fréquence f'' perçues par l'observateur en fonction de f , v et c .

2.3.2. Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son d'origine ? Justifier.

Décrire et interpréter qualitativement l'effet Doppler.

- ≡ Onde sonore : le son est plus aigu lorsque la source se rapproche.
Le son est plus grave lorsque la source s'éloigne.
- ≡ Onde lumineuse : La lumière se décale vers le bleu lorsque la source se rapproche.
La lumière se décale vers le rouge lorsque la source s'éloigne.

Antilles 2011 :

Un véhicule se déplace avec une sirène.

Le véhicule se rapproche d'un observateur immobile.

Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son d'origine ? Justifier.

.....

.....

.....

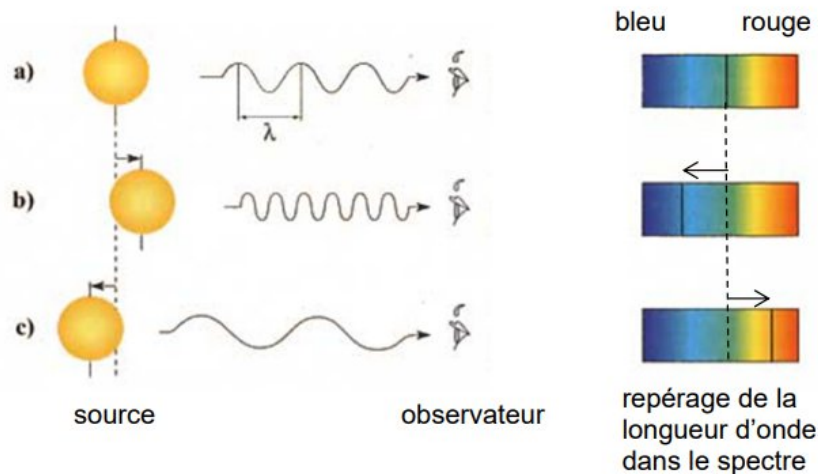
.....

2020 Polynésie

Effet Doppler-Fizeau observé en astrophysique

Lorsqu'une étoile se rapproche ou s'éloigne de la Terre, le spectre de la lumière reçue sur la Terre est décalé par rapport au spectre de la lumière émise par l'étoile.

Décalage vers le bleu ou décalage vers le rouge :



Expliquer qualitativement, à partir de l'analyse du schéma précédent, le décalage vers le bleu et le décalage vers le rouge.

2.2. Reproduire le schéma de la trajectoire de l'étoile ci-avant en indiquant l'ensemble des positions pour lesquelles :

- le spectre n'est pas décalé ;
- le spectre est décalé vers le bleu ;
- le spectre est décalé vers le rouge.

Justifier en traçant le vecteur vitesse de l'étoile pour trois positions particulières correspondant à chacun des trois cas.

.....

.....

Exploiter l'expression du décalage Doppler

- Calculer une vitesse (radar) : On isole v dans la formule.

Antilles 2011 :

Un véhicule se déplace avec une sirène.

La sirène retentit et émet un son de fréquence $f = 680$ Hz. Le son émis à la date $t = 0$ se propage dans l'air à la vitesse $c = 340$ m.s⁻¹ à partir de la source S. On note λ la longueur d'onde correspondante.

$$f' = f \cdot \frac{c}{c - v}$$

2.4. Exprimer, puis estimer en km.h⁻¹, en arrondissant les valeurs à des nombres entiers, la vitesse du véhicule qui se rapproche de l'observateur sachant que ce dernier perçoit alors un son de fréquence $f' = 716$ Hz.

.....

.....

.....

Antilles 2018 :

Données :

- la fréquence sonore supposée émise par la chauve-souris est : $f_e = 50,0$ kHz ;
- vecteur vitesse de la chauve-souris : $\vec{v}_{CS}$;
- vitesse de l'onde émise par la chauve-souris : $v_{onde} = 340$ m.s⁻¹ ;

En utilisant l'effet Doppler, il est possible d'évaluer la vitesse v_{CS} d'une chauve-souris. Pour une chauve-souris se rapprochant d'un récepteur ultrasons, le dispositif mesure une fréquence f_r différente de la fréquence émise par la chauve-souris.

Données :

- fréquence mesurée par le récepteur $f_r = 50,8 \text{ kHz}$;
- pour un émetteur en mouvement se rapprochant d'un récepteur fixe, la relation due à l'effet Doppler entre f_e , fréquence émise par la source, et f_r , fréquence reçue par le récepteur, est donnée par :

$$f_r = f_e \times \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v_{\text{émetteur}}}$$

- 1.2.1. Montrer que la valeur de la vitesse de la chauve-souris v_{CS} est proche de 19 km.h^{-1} .
- 1.2.2. Comparer v_{onde} et v_{CS} . Expliquer en quoi ce résultat est important pour le déplacement ou la chasse de la chauve-souris.

Nouvelle Calédonie 2016 :

Le but de cet exercice est de comprendre l'intérêt des radars météorologiques dans la sécurité aérienne

L'onde électromagnétique est émise par le radar à une fréquence $f_{\text{émise}}$. La fréquence $f_{\text{reçue}}$ de l'onde réfléchie vers l'émetteur dépend de la vitesse de chute des hydrométéores (goutte de pluie, grêlon...). Lorsque l'angle entre la direction dans laquelle le radar émet l'onde et la direction de chute des hydrométéores vaut θ (figure 5), le décalage en fréquence Δf s'exprime par la relation suivante :

$$\Delta f = f_{\text{reçue}} - f_{\text{émise}} = \frac{2v \cos \theta}{c} \times f_{\text{émise}}$$

avec v vitesse des hydrométéores par rapport au radar et c la célérité de l'onde électromagnétique.

Pour $\theta = 60^\circ$, le radar mesure un décalage Doppler $\Delta f = +200 \text{ Hz}$ en bord de piste.
La vitesse d'un grêlon (supposé sphérique) dépend de son diamètre d selon la relation :

$$v = \sqrt{k \times \frac{d}{2}} \text{ avec } k = 3,8 \times 10^4 \text{ m.s}^{-2}.$$

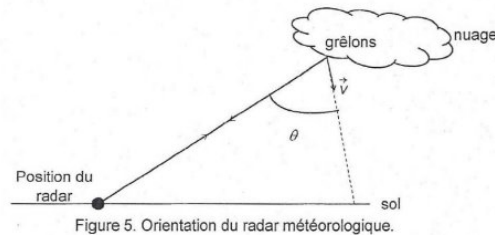


Figure 5. Orientation du radar météorologique.

- 2.2. Calculer le diamètre des grêlons.

Métropole 2016 :

La médecine fait appel à l'effet Doppler pour mesurer la vitesse d'écoulement du sang dans les vaisseaux sanguins (figure 2).

Un émetteur produit des ondes ultrasonores qui traversent la paroi d'un vaisseau sanguin. Pour simplifier, on suppose que lorsque le faisceau ultrasonore traverse des tissus biologiques, il rencontre :

- des cibles fixes sur lesquelles il se réfléchit sans modification de la fréquence ;
- des cibles mobiles, comme les globules rouges du sang, sur lesquelles il se réfléchit avec une modification de la fréquence ultrasonore par effet Doppler (figure 3).

différents vaisseaux du lit vasculaire

vitesse de l'écoulement sanguin (cm/s)

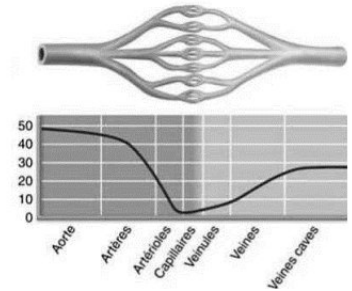


Figure 2. Vitesse moyenne du sang dans différents vaisseaux sanguins.

©2011 Pearson

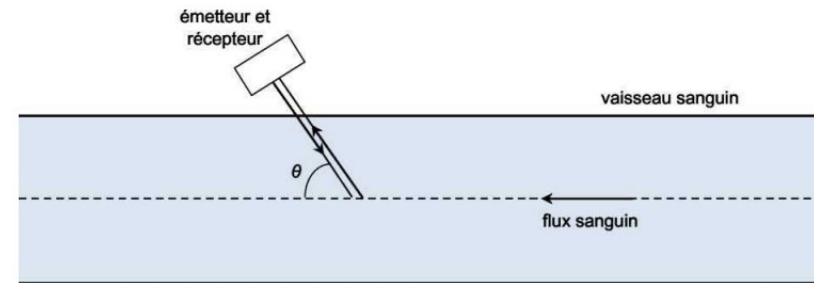


Figure 3. Principe de la mesure d'une vitesse d'écoulement sanguin par effet Doppler (échelle non respectée).

L'onde ultrasonore émise, de fréquence $f_E = 10 \text{ MHz}$, se réfléchit sur les globules rouges qui sont animés d'une vitesse v . L'onde réfléchie est ensuite détectée par le récepteur.

La vitesse v des globules rouges dans le vaisseau sanguin est donnée par la relation $v = \frac{v_{\text{ultrason}}}{2 \cos \theta} \cdot \frac{\Delta f}{f_E}$ où

Δf est le décalage en fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchie, v_{ultrason} la célérité des ultrasons dans le sang et θ l'angle défini sur la figure 3.

On donne $v_{\text{ultrason}} = 1,57 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$ et $\theta = 45^\circ$.

- 2.1. Le décalage en fréquence mesuré par le récepteur est de $1,5 \text{ kHz}$. Identifier le(s) type(s) de vaisseaux sanguins dont il pourrait s'agir.

- 2.2. Pour les mêmes vaisseaux sanguins et dans les mêmes conditions de mesure, on augmente la fréquence des ultrasons émis f_E . Indiquer comment évolue le décalage en fréquence Δf . Justifier.

Polynésie 2020 :

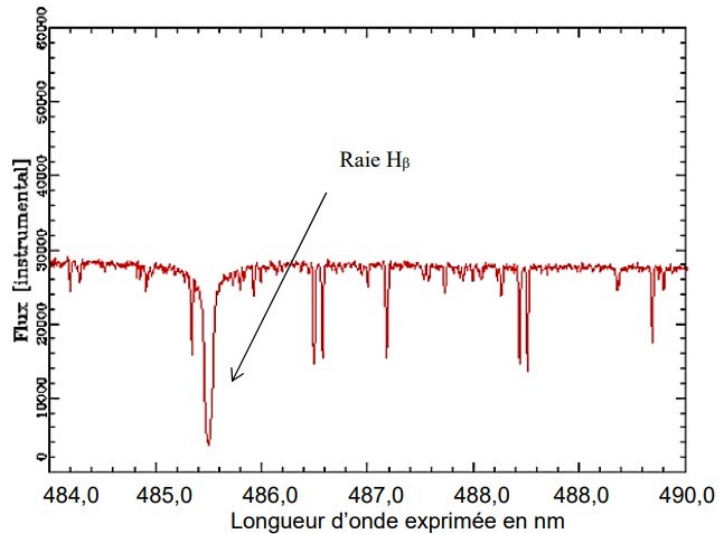
Si l'étoile a une vitesse radiale nulle par rapport à la Terre, la fréquence d'une onde électromagnétique reçue sur la Terre est la même que celle de l'onde émise (cas a).

La vitesse de l'étoile étant beaucoup plus petite que la vitesse c de la lumière, le décalage de longueur d'onde observé $\Delta\lambda$ s'exprime selon la relation :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{|\lambda - \lambda_0|}{\lambda_0} = \frac{V_R}{c}$$

où λ est la longueur d'onde mesurée par l'observateur, λ_0 la longueur d'onde de la lumière émise par la source au repos et V_R la vitesse radiale de la source de l'onde.

Sur le spectre de l'étoile HD 2665 ci-dessous, on observe la raie H_β de l'hydrogène, dont la longueur d'onde mesurée en laboratoire est $\lambda_0 = 486,1$ nm.



<http://atlas.obs-hp.fr/elodie>

Déterminer la vitesse radiale de l'étoile et expliquer si celle-ci s'éloigne ou se rapproche de la Terre au moment où le spectre est enregistré.

THERMODYNAMIQUE

Cours :

Formule de l'énergie interne pour un corps incompressible

Premier principe de la thermodynamique

Citer et expliciter les trois modes de transfert thermique

Formule du flux thermique et de la résistance thermique

Expliciter l'effet de Serre

Loi de Newton ?

Prévoir le sens d'un transfert thermique.

Toujours du corps chaud vers le corps froid.

Polynésie 2023 :

On étudie le chauffage d'une maison.

À l'aide d'un système de régulation, la température de l'air intérieur de la maison est maintenue constante à une valeur T_{int} égale à 19 °C. La température de l'eau chaude circulant dans les radiateurs est T_{rad} égale à 55 °C.

Q3. Indiquer et justifier le sens du transfert thermique $Q_{rad/air}$ s'opérant entre les radiateurs et l'air intérieur de la maison.

Centres étrangers 2022 :

On étudie le système de chauffage de l'eau d'une piscine.

A.4. En fin de journée, l'eau de la piscine a une température qui se situe autour de 24 °C. Pendant la nuit, on considère que la température de l'air ambiant chute autour de 15 °C. Justifier que l'eau de piscine va se refroidir au cours de la nuit.

A.5. Proposer une solution simple pour éviter les déperditions thermiques.

Centres étrangers 2022 :

À la date $t = 0$, on place un échantillon de cuivre, initialement à la température ambiante θ_a , dans une étuve à l'intérieur de laquelle l'air est à la température $\theta_{\infty} = 100$ °C.

1. Prévoir le sens du transfert thermique Q qui a lieu entre le système et le thermostat.

Utiliser le premier principe pour faire un bilan thermique

- 1) Faire un schéma du système et noter les différents échanges présents avec l'environnement
- 2) On utilise le premier principe : $\Delta U = Q + W$
- 3) On utilise la formule de l'énergie interne : $\Delta U = mc\Delta T$ (ou $\Delta U = C\Delta T$)
- 4) On fusionne 2) et 3) et on isole la donnée recherchée (NB : On peut parfois chercher un temps, dans ce cas, on se souvient que $\phi = \frac{Q}{\Delta t}$)

Polynésie 2023 :

On installe des radiateurs dans une maison. On appelle $Q_{rad/air}$ la chaleur transmise par les radiateurs à l'air de la maison. On souhaite installer une pompe à chaleur (PAC) dans cette maison.

Données :

➤ Caractéristiques de la pompe à chaleur étudiée :

Puissance maximale P_{max} fournie pour chauffer l'eau des radiateurs	7,0 kW
---	--------

À l'aide d'un système de régulation, la température de l'air intérieur de la maison est maintenue constante à une valeur T_{int} égale à 19 °C. La température de l'eau chaude circulant dans les radiateurs est T_{rad} égale à 55 °C.

On souhaite réaliser un bilan thermique du système « air intérieur » pendant une durée d'une heure de cette journée d'hiver. Par convention, les transferts thermiques sont comptés négativement lorsqu'ils sont cédés par le système et positivement lorsqu'ils sont reçus. On considère alors que s'effectuent un transfert thermique entre l'air intérieur et les murs noté Q_{mur} ainsi qu'un transfert thermique entre l'air intérieur et les autres parois (toit, fenêtres, sol...) noté Q_{autres} . On admet également que le système n'échange pas de travail avec l'extérieur.

Données :

- La durée du bilan thermique est égale à une heure ;
- Le transfert thermique au travers des murs noté Q_{mur} est égal à $-4,3 \text{ MJ}$;
- Transfert thermique au travers des autres parois noté Q_{autres} est égal à $-7,1 \text{ MJ}$;
- $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$.

Q4. En utilisant le premier principe de la thermodynamique au système « air intérieur », montrer que : $Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres}$

Q5. À l'aide des données, calculer la valeur de $Q_{rad/air}$.

Q6. En déduire si la puissance de la PAC est suffisante pour chauffer l'eau des radiateurs.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Centres étrangers 2022 :

On a placé une masse m_e d'eau dans un calorimètre. La température d'équilibre de l'eau est $\theta_e = 20,5^\circ\text{C}$. On plonge l'échantillon de cuivre à la température θ_{ch} dans l'eau du calorimètre. La température finale de l'ensemble se stabilise à la valeur θ_f .

Hypothèses

- La paroi du calorimètre étant une enceinte calorifugée, il n'y a pas de transfert thermique entre l'intérieur et l'extérieur du calorimètre.
- On considère de plus, pour simplifier, que le calorimètre ne participe pas aux échanges thermiques et que, par conséquent, les échanges thermiques au sein du calorimètre n'ont lieu qu'entre l'eau et l'échantillon de cuivre.

Données :

- Masse de l'eau dans le calorimètre $m_e = 100 \text{ g}$.
- Masse de l'échantillon de cuivre : $m = 44,8 \text{ g}$.
- Capacité thermique massique de l'eau $c_{eau} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Température initiale de l'eau $\theta_e = 20,5^\circ\text{C}$.
- $\theta_f = 23,1^\circ\text{C}$.

9. Sachant que, dans le calorimètre, l'ensemble {échantillon de cuivre, eau} est isolé, montrer que :

$$c = \frac{m_e c_{eau} (\theta_f - \theta_e)}{m (\theta_{ch} - \theta_f)}$$

10. Faire l'application numérique. Proposer une explication à un éventuel écart avec la valeur tabulée.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Centres étrangers 2023 :

Caractéristiques du four

- Capacité thermique massique : $c_f = 800 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Masse du four : $m_f = 120 \text{ kg}$

Pour la cuisson, on utilise du propane, gaz combustible, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Masse molaire du propane : $M = 44,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Énergie molaire libérée lors de la combustion du propane : $E_n = 2004 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

On veut déterminer la quantité de gaz brûlée dans le four pour élever sa température de $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ à $\theta_f = 1000^\circ\text{C}$.

1. Calculer la variation d'énergie interne ΔU du système { four } lorsque sa température passe de θ_i à θ_f .
2. Appliquer le premier principe de la thermodynamique au système { four } et en déduire la valeur de la quantité d'énergie Q reçue par le système par transfert thermique.

Lors de la phase de chauffe, la combustion du gaz dégage une quantité de chaleur Q_A supérieure à Q car 33 % de la quantité Q_A est perdue lors de la chauffe.

3. Montrer que la quantité d'énergie thermique Q_A que doit fournir la combustion du gaz a pour valeur $Q_A = 1,4 \times 10^8 \text{ J}$.
4. Déduire des questions précédentes la valeur de la masse m_g de gaz nécessaire pour atteindre la température θ_f .
5. En supposant que, pour cette phase, le débit du gaz en sortie de bouteille est constant et vaut $D = 1250 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}$, déterminer la valeur de la durée Δt_A nécessaire pour que la température du four atteigne la valeur souhaitée.

Nouvelle Calédonie 2022 :

On étudie le système de chauffage d'une piscine.

Données :

- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- Capacité thermique massique de l'eau : $C_{\text{eau}} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;

Pendant le jour, les rayons du soleil parviennent à la surface de l'eau qui se réchauffe. On admet que l'eau de la piscine reçoit, au cours de la journée, une puissance thermique surfacique moyenne $P_{\text{st}} = 170 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ pendant une durée de 12 h.

Partie A : Bilan énergétique moyen sur une journée en l'absence de tapis solaires

- A.1. Montrer que la valeur du transfert thermique Q_1 reçu par l'eau de la piscine pendant ces 12 h est proche de $6 \times 10^7 \text{ J}$.
- A.2. Énoncer le premier principe de la thermodynamique.
- A.3. À l'aide de ce principe, déterminer la valeur de l'augmentation $\Delta\theta$ de la température de l'eau de la piscine.

Caractériser les trois modes de transfert thermique.

- ≡ Conduction : transfert avec un solide
- ≡ Convection : Entre fluide
- ≡ Rayonnement : Sources électromagnétiques.

Polynésie 2023 :

On considère une journée où la température extérieure T_{ext} est égale à 2°C . Un transfert thermique à travers les murs s'opère depuis l'air intérieur de la maison vers l'air extérieur.

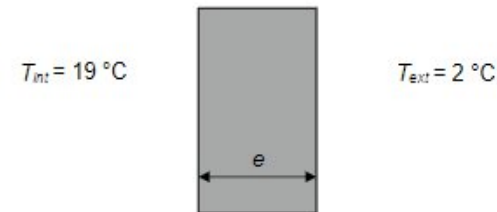


Figure 1. Schéma en coupe du mur en brique de la maison de résistance thermique R_{th} .

Q1. Identifier, en le justifiant, le mode de transfert thermique s'effectuant au travers d'un mur.

Identifier, en le justifiant, le mode de transfert thermique s'effectuant au travers d'un mur.

Centres étrangers 2022 :

Un tapis solaire est constitué de tuyaux contenant de l'eau qui se réchauffent au contact du soleil.

Pour élever de quelques degrés la température de l'eau de la piscine à un faible coût, le particulier décide de l'équiper de tapis solaires qu'il raccorde à la pompe lui permettant de filtrer l'eau.

- B.1. Identifier le mode de transfert thermique qui explique :
- que le matériau des tapis se réchauffe ;
 - que l'eau qui circule dans les tapis se réchauffe.

Exploiter les formules de résistance thermique.

Les formules sont souvent données mais on doit utiliser :

$$\phi = \frac{\Delta T}{R} \text{ et } R = \frac{e}{\lambda \times S}$$

On doit parfois également utiliser $\phi = \frac{Q}{\Delta t}$ avec Q trouvée à l'aide du premier principe.

On combine ensuite les formules pour isoler ce que l'on cherche.

Si il y a plusieurs couches de matériaux, les résistances thermiques de chaque matériau s'ajoutent pour obtenir la résistance totale.

Polynésie 2023 :

On rappelle que le flux thermique ϕ est relié à l'écart de température $T_{int} - T_{ext}$ à la résistance thermique R_{th} par la relation :

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}}$$

Dans le cas du mur, la résistance thermique R_{th} dépend de l'épaisseur e du mur (en m), de sa surface S (en m^2) et d'un paramètre caractéristique du matériau appelé conductivité thermique noté λ (en $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) par la relation :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$$

Q2. Indiquer, en utilisant les deux relations précédentes, comment évolue le flux thermique ϕ lorsque l'épaisseur e du mur augmente.

Centres étrangers 2023 :

On étudie l'utilisation d'un four.

Pour la cuisson, on utilise du propane, gaz combustible, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Masse molaire du propane : $M = 44,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Énergie molaire libérée lors de la combustion du propane : $E_n = 2004 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Une fois la température de 1000°C atteinte, la combustion du propane est maintenue pour que le four reste à cette température $\theta_{four} = 1000^\circ\text{C}$ pendant la durée $\Delta t_S = 20 \text{ min}$. Le lieu où se trouve le four (milieu extérieur) demeure en permanence à la température $\theta_{ext} = 20^\circ\text{C}$.

On note Q_B la quantité de chaleur reçue par le système { four }, due à la combustion du propane durant la durée Δt_S , pour compenser les pertes thermiques vers le milieu extérieur.

6. Citer les trois modes de transfert thermique possibles du four vers le milieu extérieur.

Le constructeur du four indique une résistance thermique de $R_{th} = 0,60 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$.

7. Calculer la valeur du flux thermique Φ entre le système { four } et le milieu extérieur lorsque le four est maintenu à $\theta_{four} = 1000^\circ\text{C}$.

Le four est maintenu à cette température pendant la durée $\Delta t_S = 20 \text{ min}$.

8. Montrer que la valeur de l'énergie Q_B nécessaire pour maintenir constante la température du four pendant cette durée est proche de $2,0 \text{ MJ}$.
9. En déduire la valeur de la masse de gaz minimale m_{min} qui doit être consommée pendant cette phase de maintien de la température du four à $\theta_{four} = 1000^\circ\text{C}$.

Asie 2021 :

La sonde PSP est protégée des rayonnements solaires par un bouclier thermique de surface S_0 et d'épaisseur e (figures 1 et 5). Constamment tourné vers le Soleil, ce bouclier thermique permet de garder l'ensemble du corps de la sonde à une température convenable pour ne pas endommager les instruments embarqués.

Le bouclier thermique est composé d'un revêtement externe à base d'alumine, capable d'endurer de hautes températures jusqu'à 1900 K . Derrière ce revêtement, se trouve de la mousse de carbone, prise entre deux couches rigides en fibre de carbone, très résistantes à la température et à la déformation (figure 5).

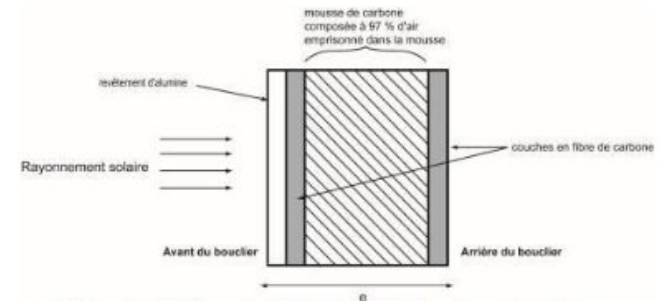


figure 5 – Schéma simplifié du bouclier thermique vu en coupe

Soumis à l'intense rayonnement du Soleil, la température à l'avant du bouclier atteint une valeur $T_{av} = 1700 \text{ K}$ et rayonne un flux thermique surfacique important ϕ_{av} . Par ailleurs, un flux thermique surfacique $\phi_{ar} = 1,55 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ traverse la surface S_0 du bouclier vers l'arrière (figure 6). Pour permettre le bon fonctionnement de la sonde, il est impératif de limiter l'élévation de température à l'arrière du bouclier thermique en dépit de ce flux thermique surfacique élevé.

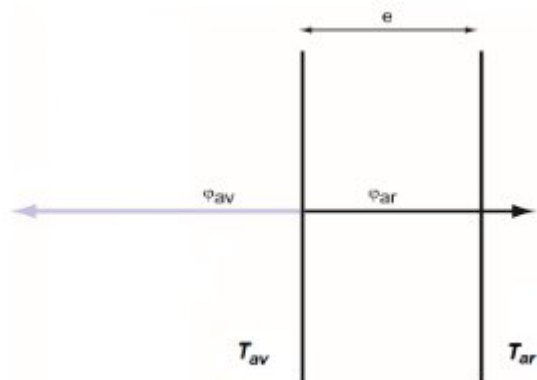


figure 6 – Flux thermiques au niveau du bouclier thermique

Données :

- Conductivités thermiques de quelques matériaux :

Matériau	Mousse de carbone	Alumine	Métaux	PVC
Conductivité thermique ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	0,0262	37	20 à 400	0,17

- Caractéristiques du bouclier thermique :

- surface : $S_b = 16,6 \text{ m}^2$
- épaisseur : $e = 11,4 \text{ cm}$
- conductivité thermique du bouclier thermique : $\lambda = 0,140 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

- Résistance thermique R_{th} d'une paroi de surface S , d'épaisseur e et de conductivité thermique λ :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda.S} \quad (\text{en } \text{K.W}^{-1})$$

- Flux thermique Φ traversant une paroi de résistance thermique R_{th} et soumise à une différence de température $|\Delta T|$:

$$\Phi = \frac{|\Delta T|}{R_{th}}$$

- Caractériser le mode de transfert thermique entre le Soleil et la sonde PSP.
- Justifier l'utilisation de la mousse de carbone à l'intérieur du bouclier thermique.
- Déterminer la valeur du flux thermique total vers l'arrière Φ .
- À l'aide des caractéristiques du bouclier thermique et des données, déterminer l'écart de température $|\Delta T|$ entre les deux faces du bouclier thermique ainsi que la température T_{ar} à l'arrière du bouclier. Commenter.

Estimer la température terrestre moyenne.

Discuter de l'influence de l'albédo

Effectuer un bilan d'énergie avec la loi de Newton

- On utilise le premier principe $\Delta U = Q + W$ ($W = 0$)
- On utilise la formule de l'énergie interne $\Delta U = mc\Delta T$
- On utilise la loi de Newton $\phi = hS(T_{th} - T)$ et $Q = \phi \times \Delta t$
- On injecte 2) et 3) dans 1) et on fait tendre Δt vers 0 afin de remplacer ΔT par dT et Δt par dt .
- On déplace les termes pour obtenir l'équation différentielle demandée.

Centres étrangers 2022 :

À la date $t = 0$, on place un échantillon de cuivre, initialement à la température ambiante θ_a , dans une étuve à l'intérieur de laquelle l'air est à la température $\theta_{ra} = 100^\circ\text{C}$.

On veut estimer la durée nécessaire pour être sûr que la température de l'échantillon de cuivre est bien de 100°C à moins de 1 degré près.

Pour cela, on étudie l'évolution temporelle de la température $\theta(t)$ du système « échantillon de cuivre », de masse m .

2. Ecrire le premier principe pour le système et en déduire une relation entre le transfert thermique Q , la masse du système m , la capacité thermique massique du cuivre c et la variation de température $\Delta\theta$ du système soumis au transfert thermique.
3. Donner la relation liant le transfert thermique Q et le flux thermique Φ pendant la durée très courte Δt . On suppose que Φ est constant pendant la durée Δt .
4. En déduire une relation entre h , S , θ_{ch} , $\theta(t)$, m , c , $\Delta\theta$ et Δt .
5. Déduire de ce qui précède l'équation différentielle donnant l'évolution de la température $\theta(t)$ du système en fonction du temps. La mettre sous la forme :

$$\frac{d\theta(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} \times \theta(t) = \frac{\theta_{ch}}{\tau}$$

τ étant un temps caractéristique $\tau = \frac{mc}{hS}$.

Asie 2021 :

Partie 1 – Evolution de la température - Durée du refroidissement

On s'intéresse à l'évolution de la température T du système {vin + bouteille} placé dans le thermostat. Le système {vin + bouteille} est immobile. L'air de la cave à vin est ventilé. On désigne par Q le transfert thermique entre l'air et le système, et par Φ le flux thermique correspondant, c'est-à-dire le transfert thermique par unité de temps. Le transfert thermique et le flux thermique sont comptés positivement si le transfert thermique a lieu de l'air vers le système. On fait l'hypothèse que le flux thermique Φ vérifie la loi phénoménologique de Newton.

Loi phénoménologique de Newton

Lorsqu'un système incompressible de température T est placé dans un fluide en écoulement à la température T_a , il s'établit un flux thermique entre le thermostat et le système proportionnel à l'écart de température $(T - T_a)$.

On peut alors écrire : $\Phi = -h \times S \times (T - T_a)$

- S est la surface d'échange entre le système et le thermostat (en m^2) ;
- h est le coefficient d'échange convectif (en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$).

1. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, relier la variation d'énergie interne ΔU du système {vin + bouteille} au transfert thermique Q entre l'air et le système.
2. Exprimer le transfert thermique Q pendant une durée très petite Δt en fonction du flux thermique Φ supposé constant pendant cette durée et de Δt . Rappeler les unités, dans le système international, des grandeurs intervenant dans cette expression.

La variation d'énergie interne d'un système incompressible au repos dont la température varie de ΔT est donnée par la relation $\Delta U = C \times \Delta T$ (C est la capacité thermique du système).

3. Exprimer le flux thermique Φ en fonction de la capacité thermique C du système supposé incompressible, de sa variation de température ΔT et de la durée Δt .
4. En utilisant la loi phénoménologique de Newton, et en faisant tendre Δt vers 0, vérifier que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la température T s'écrit :

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\tau} (T - T_{ar})$$

En déduire l'expression et l'unité de τ .

Métropole 2022 :

2. Refroidissement du fer

Lorsque le fer est à la température souhaitée de 900 °C, le maréchal-ferrant le sort de la forge et le façonne à l'aide d'un marteau pendant une minute environ. Il s'installe ensuite près du cheval et il s'écoule à nouveau environ une minute.

Le fer, encore chaud, est alors posé quelques secondes sur la face inférieure du sabot, ce qui est sans douleur pour l'animal, mais brûle la corne en laissant une trace. Cela permet au maréchal-ferrant de juger si la forme est satisfaisante. Si c'est le cas, il refroidit rapidement le fer en le trempant dans l'eau puis le fixe définitivement sur le sabot à l'aide de clous.

2.1. Refroidissement à l'air libre

On considère que les transferts thermiques entre le fer à cheval et le milieu extérieur suivent la loi de Newton. Le système étudié est le fer à cheval.

On étudie l'évolution de la température d'un fer à cheval, solution de l'équation différentielle ci-dessous :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{\text{Ext}}}{\tau} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}}}{h_{\text{air}} \cdot S}$$

Dans ces conditions $\tau = 880$ s.

L'équation différentielle précédente admet pour solution la fonction :

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

Q5. Vérifier que la fonction proposée $\theta(t)$ est bien solution de l'équation différentielle précédente.

Q6. Calculer la valeur de la température du fer au moment où le maréchal-ferrant le pose sur la face inférieure du sabot du cheval. Commenter.

2.2. Refroidissement dans l'eau avant la pose.

Pour accélérer le refroidissement du fer afin de le poser rapidement sur le sabot, le maréchal-ferrant plonge le fer encore chaud à la température de 600 °C dans un récipient contenant de l'eau à température ambiante de 15 °C que l'on considère comme constante.

Q7. En adaptant la solution obtenue dans le cadre du modèle précédent, estimer la valeur de la durée nécessaire pour que le fer soit refroidi à une température $\theta_{\text{finale}} = 40$ °C à laquelle l'artisan pourra poser le fer à l'aide de clous sur le sabot du cheval.

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 nécessite d'être correctement présentée.

Q8. Dans la réalité, 20 secondes suffisent pour refroidir le fer dans de l'eau à 15 °C. Commenter.

Données :

- température du fer à la sortie de la forge : $\theta_0 = 900$ °C ;
- volume du fer à cheval : $V_{\text{Fer}} = 104$ cm³ ;
- masse volumique du fer, supposée indépendante de la température : $\rho_{\text{Fer}} = 7,87$ g·cm⁻³ ;
- surface extérieure du fer à cheval : $S = 293$ cm² ;
- température ambiante extérieure : $\theta_{\text{Ext}} = 15$ °C ;
- capacité thermique massique du fer supposée indépendante de la température : $c_{\text{Fer}} = 440$ J·kg⁻¹·K⁻¹ ;
- loi de Newton donnant l'expression du flux thermique reçu par le système {fer à cheval}, de température θ en provenance de l'air extérieur, de température θ_{Ext} :

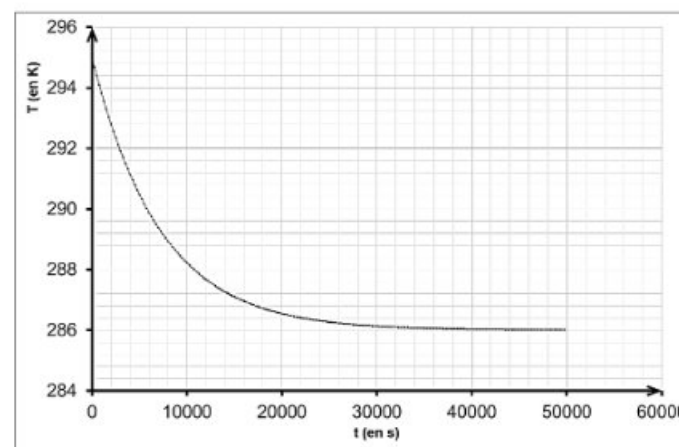
$$\Phi = h \cdot S \cdot (\theta_{\text{Ext}} - \theta)$$
 avec h le coefficient de transfert thermique surfacique et S la surface d'échange :
 - dans l'air : $h_{\text{air}} = 14$ W·m⁻²·K⁻¹ ;
 - dans l'eau froide : $h_{\text{eau}} = 360$ W·m⁻²·K⁻¹.

Asie 2021 :

Le modèle d'évolution temporelle de la température du système {vin + bouteille}, solution de l'équation différentielle, est le suivant :

$$T(t) = (T_0 - T_{\text{air}}) e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{\text{air}}$$

Cette évolution temporelle de la température $T(t)$ est représentée ci-dessous :



5. Retrouver à l'aide des résultats de la modélisation les valeurs de T_0 et de T_{air} .

6. Estimer graphiquement au bout de combien de temps le vin pourra être servi à la température souhaitée (à 0,5 degré près).

Albédo :

La Terre reçoit l'essentiel de son énergie du soleil. Cette énergie conditionne sa température de surface.

1- Préciser le phénomène physique à l'origine de l'énergie dégagée par le soleil.

2- Calculer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie, sachant que la puissance rayonnée par le soleil a pour valeur $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$.

Donnée : vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

3- L'étude du spectre du rayonnement émis par le Soleil, que l'on peut modéliser comme un spectre de corps noir, permet de déterminer la température de la surface du Soleil.

Document 1 : spectres d'émission

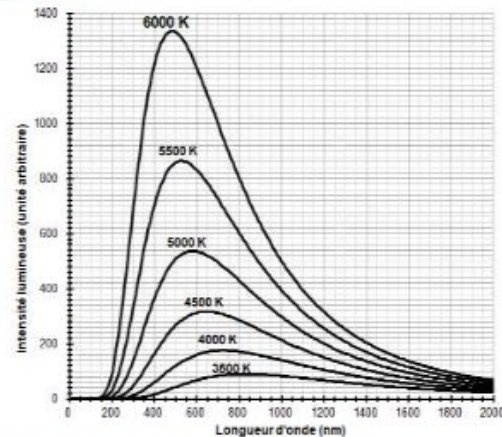


Figure 1a : spectres d'émission du corps noir à différentes températures (en K).

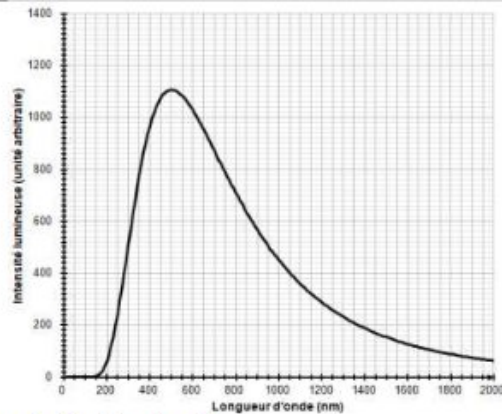


Figure 1b : modèle du spectre d'émission du soleil.

À l'aide du document 1 répondre aux consignes suivantes :

3-a- Déterminer les longueurs d'ondes correspondant au maximum d'émission pour les températures de 4000, 5000 et 6000 K. Décrire qualitativement l'évolution de la longueur d'onde au maximum d'émission en fonction de la température du corps.

3-b- Justifier à partir de la valeur de la longueur d'onde d'émission maximale du spectre solaire que la température du Soleil est comprise entre 5500 K et 6000 K.

3-c- La température de surface du Soleil peut être déterminée plus précisément à partir de la loi de Wien. Cette loi permet de déterminer la température d'un corps noir à partir de la longueur d'onde λ_{max} de son maximum d'émission par la relation :

$$\lambda_{\text{max}} = k / T$$

avec :

T : température du corps noir, en kelvin (K)

k : constante égale à $2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$

En considérant que le Soleil se comporte comme un corps noir, déterminer sa température de surface T à partir de la loi de Wien.

4-a- Sachant que l'albédo terrestre est en moyenne égal à 0,30 et que la puissance surfacique transportée par la lumière solaire vers la Terre est en moyenne de $342 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, calculer la puissance surfacique solaire moyenne absorbée par le sol terrestre.

4-b- Préciser, en justifiant la réponse, si une augmentation de l'albédo terrestre conduirait à une augmentation ou une diminution de la température moyenne à la surface de la Terre.

MOUVEMENT DANS UN CHAMP DE GRAVITATION :

Cours :

Enoncer les trois lois de Kepler :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Donner la formule de la vitesse et de la période d'un satellite

.....

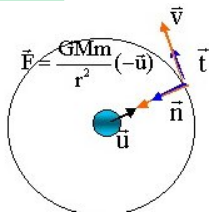
.....

Définir un satellite géostationnaire

.....

.....

Tracer la force gravitationnelle :



Centres étrangers 2023 :

Dans le référentiel de l'étoile E, supposé galiléen, on considère que l'orbite de l'exoplanète P est circulaire, de centre O (centre de l'étoile) et de rayon r . La masse de l'exoplanète est notée m_P .

Par ailleurs, l'exploitation d'observations complémentaires a permis de déterminer la valeur de la masse de l'étoile E : $M_E = 9,5 \times 10^{29}$ kg.

3. Sans souci d'échelle, représenter sur la **figure 4 (ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE)** la force gravitationnelle exercée par l'étoile E sur l'exoplanète P.

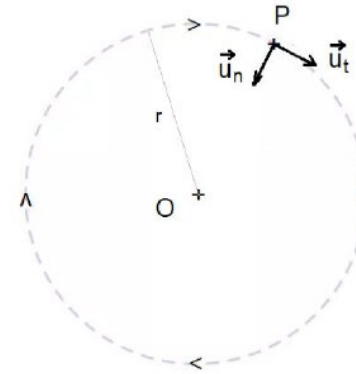


Figure 4. Trajectoire de l'exoplanète P autour du centre O de l'étoile GJ 367

Métropole 2022 :

La Station Spatiale Internationale est modélisée par un point matériel M, de masse m en orbite circulaire à la distance R du centre de la Terre, de masse M_T . La Terre est supposée à répartition sphérique de masse, de centre T. Le mouvement de l'ISS est étudié dans le référentiel géocentrique d'origine prise au centre de la Terre et dont les axes pointent en direction d'étoiles lointaines ; il est supposé galiléen. On considère que seule l'interaction gravitationnelle avec la Terre est prise en compte.

- Q1. Schématiser, sans souci d'échelle, la Terre et l'ISS. Placer le repère de Frenet ($\vec{u}_N$, $\vec{u}_T$) et représenter la force à laquelle est soumise l'ISS.

.....

.....

.....

.....

.....

Amérique du Nord 2022 :

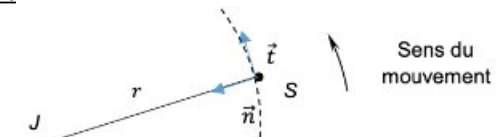


Figure 2.

2. Sur un schéma, reprendre les éléments donnés sur la figure 2 et représenter sans souci d'échelle :

- Le vecteur vitesse $\vec{V}_S$ du satellite ;
- La force de gravitation $\vec{F}_{J/S}$ exercée par Jupiter sur le satellite.

Exploiter les lois un et deux de Kepler

- Loi 1 : la trajectoire est elliptique et un des foyer est l'astre autour duquel le satellite tourne
- Loi 2 : Pour un même temps, l'aire balayée par la trajectoire d'un satellite est toujours constante.

Ellipse : La vitesse est donc plus proche lorsque le satellite s'approche de l'astre que lorsqu'il s'en éloigne.

Cercle : Par symétrie de la figure, la vitesse est donc uniforme.

Métropole 2023 :

En 1600, Kepler devient l'assistant de l'astronome danois Tycho Brahe. Celui-ci le charge d'étudier la trajectoire de Mars et de déterminer son orbite à l'aide des observations astronomiques et des mesures qu'il a lui-même effectuées. Cette tâche, longue et délicate, conduit Kepler à envisager une trajectoire elliptique pour Mars. Il publie ses deux premières lois en 1609, puis la troisième loi en 1618.

D'après La science moderne : de 1450 à 1800, de René Taton

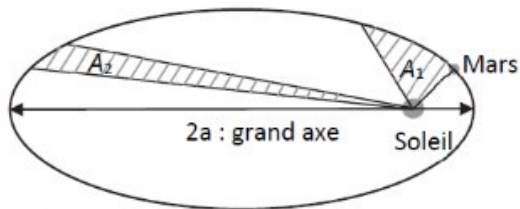


Figure 1. Trajectoire elliptique de Mars dans le référentiel héliocentrique (échelle non respectée). Les aires A_1 et A_2 sont balayées pendant des durées égales.

Le référentiel d'étude est le référentiel héliocentrique supposé galiléen : son origine est au centre du Soleil et ses axes pointent vers des étoiles lointaines.

Q1. Énoncer les deux premières lois de Kepler. En exploitant la deuxième loi et le schéma de la figure 1, justifier que le mouvement de Mars dans le référentiel héliocentrique n'est pas uniforme.

Centres étrangers 2023 :

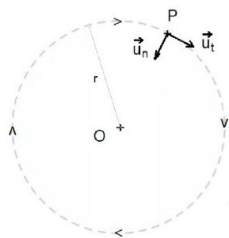


Figure 4. Trajectoire de l'exoplanète P autour du centre O de l'étoile GJ 367

5. Énoncer la deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires ».
6. Compléter la figure 4 (ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE) afin d'illustrer cette loi et justifier que le mouvement de l'exoplanète P est uniforme.

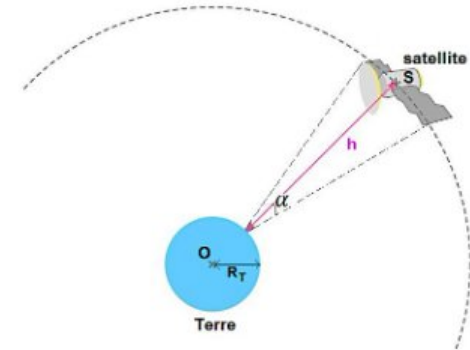
Centres étrangers 2022 :

Orbite d'un satellite Starlink

Le mouvement d'un satellite Starlink est circulaire.

Le schéma ci-contre, qui n'est pas à l'échelle, représente une partie de la trajectoire du satellite S.

L'altitude du satellite est notée h et son diamètre apparent depuis la surface de la Terre est l'angle noté α défini sur le schéma ci-contre.



1. Justifier à l'aide de la deuxième loi de Newton que le mouvement du satellite est uniforme.

Polynésie 2022 :

1. Énoncer la première loi de Kepler, dite « loi des orbites ». Représenter, sans souci d'échelle, l'allure de la trajectoire de Mercure autour du Soleil. Le schéma fera apparaître la position du Soleil et le demi-grand axe de l'orbite.

Démontrer les formules de la vitesse, de la période et la troisième Loi de Kepler

- 1) On utilise la deuxième loi de Newton pour exprimer l'accélération (seule la force gravitationnelle s'exerce)
- 2) On exprime l'accélération dans les coordonnées du repère de Frenet
- 3) On fusionne 1 et 2, on isole la vitesse.

Pour la période : On sait que $v = \frac{2\pi R}{T}$; on isole T

Pour la troisième loi de Kepler : $\frac{T^2}{a^3} = \text{constante}$; On utilise les résultats

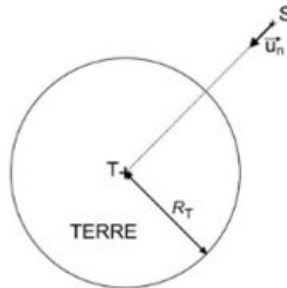
précédents pour calculer.

Centres étrangers 2023 :

EarthCARE (Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer) est un satellite d'observation de l'atmosphère terrestre faisant partie du programme Living Planet de l'ESA (European Space Agency). L'un des objectifs de cette mission est d'améliorer notre compréhension du bilan radiatif de la Terre et de ses effets sur le climat. Son lancement est prévu pour 2023. Le satellite effectuera environ 16 fois le tour de la Terre chaque jour.

Données :

- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$;
- masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$;
- rayon de la Terre : $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$;
- on considère que le satellite EarthCARE (noté S, de masse M_S) supposé ponctuel est en mouvement circulaire autour de la Terre à une altitude $h = 390 \text{ km}$.



Q.5. Exprimer la force d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ que la Terre exerce sur le satellite, en fonction notamment du vecteur unitaire $\vec{u}_n$, de la masse de la Terre M_T , de la masse du satellite M_S , du rayon de la Terre R_T et de l'altitude h .

Q.6. En appliquant la seconde loi de Newton et en utilisant le repère de Frenet, montrer que le mouvement du satellite est uniforme.

Q.7. Montrer que la valeur de la vitesse v du satellite est donnée par la relation :

$$v = \sqrt{\frac{G \times M_T}{R_T + h}}$$

Q.8. Dédurre des questions précédentes que la période de révolution du satellite est donnée par la relation :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \times M_T}}$$

Q.9. Calculer la valeur de la période de révolution T et déterminer si cette valeur est en accord avec la phrase d'introduction : « Le satellite effectuera environ 16 fois le tour de la Terre chaque jour. »

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Centres étrangers 2023 :

Le mouvement de Titan, noté T, est étudié dans le référentiel saturnocentrique, dont l'origine est placée au centre S de Saturne et dont les axes sont dirigés vers des étoiles lointaines. Il est considéré comme galiléen. On travaille dans le repère de Frenet $(T, \vec{u}_t, \vec{u}_n)$.

Dans *Systema Saturnium*, Huygens précise que la valeur de la période de révolution T_{Huy} de Titan est de « 15 jours 23 heures 13 minutes ».

Q12. Donner l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle exercée par Saturne sur le satellite Titan en fonction de G , M_S , M_T , R et de l'un des vecteurs unitaires.

Q13. Le mouvement de Titan autour de S est supposé circulaire. Montrer qu'il est uniforme puis que l'expression de la vitesse du satellite s'écrit sous la forme :

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{R}}$$

Q14. En déduire l'expression de la période de révolution notée T_{Kep} de Titan. Calculer sa valeur. Commenter.

- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$;
- masse de Saturne : $M_S = 5,68 \times 10^{26} \text{ kg}$;
- masse de Titan : $M_T = 1,34 \times 10^{23} \text{ kg}$;
- distance moyenne entre la Terre et Saturne : $D_{T-S} = 1,42 \times 10^8 \text{ km}$;
- rayon de l'orbite de Titan autour de Saturne : $R = 1,22 \times 10^6 \text{ km}$.

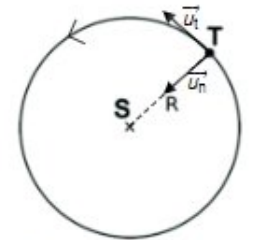
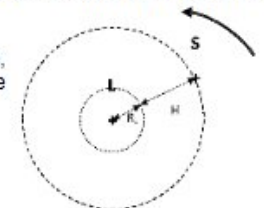


Figure 7. Schéma de la trajectoire de Titan dans le référentiel saturnocentrique

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_L}{d_{LS}}}$$

Dans la question suivante, la qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation et la rigueur des calculs seront valorisées.

9. Démontrer que pour que le satellite soit fixe par rapport à la Lune, il doit être à une altitude $H = 8,67 \times 10^7$ m par rapport à la surface de la Lune.



Amérique du Nord 2022 :

A.2. Choisir, en argumentant, parmi les quatre expressions suivantes celle qui correspond à la troisième loi de Kepler pour la situation étudiée. L'argumentation devra s'appuyer notamment sur une analyse dimensionnelle.

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_{\text{Satellite}}}, \quad \frac{T^2}{r^3} = \frac{G \cdot M_{\text{Satellite}}}{4\pi^2}, \quad \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_{\text{Soleil}}}, \quad \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2 G}{M_{\text{Satellite}}}$$

2021 Polynésie :

Description du mouvement du satellite

Données :

- Période de rotation de la lune sur elle-même : $T = 27,3$ jours
- Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
- Masse de la Lune : $M_L = 7,34 \times 10^{22} \text{ kg}$
- Rayon de la Lune : $R_L = 1,74 \times 10^6 \text{ m}$
- Périmètre d'un cercle : $P = 2\pi R$

Bac 2021 :

Données :

- masse du Soleil : $M_s = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$;
- rayon du Soleil : $R_s = 6,96 \times 10^5 \text{ km}$;
- constante universelle de la gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}.\text{s}^{-2}$.

Période de révolution (en jours)	Distance maximale entre le centre du Soleil et la sonde PSP (en km)	Distance minimale entre le centre du Soleil et la sonde PSP (en km)
87	$1,1 \times 10^8$	$7,0 \times 10^6$

Tableau 1. Valeurs obtenues après la 7^e période

- 2.2. Dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme, la vitesse de la sonde PSP sur son orbite autour du Soleil a pour expression :

$$v = \sqrt{\frac{G \times M_s}{R}}$$

avec R le rayon de l'orbite de la sonde PSP autour du Soleil.
On note T la période de révolution de la sonde PSP autour du Soleil.

Montrer que les grandeurs T et R vérifient la relation :

$$\frac{T^2}{R^3} = 2,97 \times 10^{-19} \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$$

On admet que pour des trajectoires elliptiques, le rayon de l'orbite est remplacé par le demi grand-axe de l'ellipse, défini par $a = \frac{D_{\text{max}} + D_{\text{min}}}{2}$.

On trace souvent T^2 en fonction de a^3 . Il doit y avoir une relation de proportionnalité entre les deux grandeurs (droite qui passe par l'origine)
On exploite ensuite la relation pour trouver a ou T .

Métropole 2023 :

Les périodes de révolution T (en année) et les demi-grands axes a (en unité astronomique) des trajectoires des planètes du système solaire (à l'exception de Mars) sont saisies dans un programme écrit en langage Python, afin de vérifier la troisième loi de Kepler. Un extrait de ce programme est donné sur la figure 2.

```

1 # Importation des bibliothèques utilisées
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 from scipy.optimize import curve_fit
5
6 # Définition des constantes : 1 unité astronomique, notée au (en m) et 1 année, notée an (en secondes)
7 au = 1.496*10**11
8 an = 
9
10 # Création des tableaux de données d'affichage
11 a = np.array([0.38,0.72,1.5,20.9,54,19.2,30.1]) # a : demi-grand axe, exprimé en au
12 T = np.array([0.241,0.615,1,11.86,29.46,84.02,165]) # T : période de révolution, exprimée en années
13 am = a*au
14 Ts = T*an
15
16 acube = am**3 # 
17 Tcarre = Ts**2 # 

```

Figure 2. Extrait de programme en langage Python ayant pour but de vérifier la troisième loi de Kepler

Le programme permet d'obtenir une représentation graphique dont un zoom est proposé en figure 3.

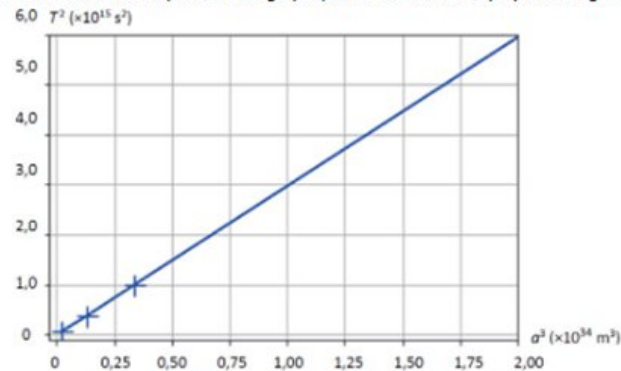


Figure 3. Modélisation graphique de la 3ème loi de Kepler

Dans le tableau 1 sont regroupés les périodes de révolution (en s) et les demi-grands axes (en m) des trajectoires des planètes du système solaire (à l'exception de Mars).

	Mercure	Vénus	Terre	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
T (en s)	$7,6 \times 10^6$	$1,9 \times 10^7$	$3,2 \times 10^7$	$3,7 \times 10^8$	$9,3 \times 10^8$	$2,6 \times 10^9$	$5,2 \times 10^9$
a (en m)	$5,7 \times 10^{10}$	$1,1 \times 10^{11}$	$1,5 \times 10^{11}$	$7,8 \times 10^{11}$	$1,4 \times 10^{12}$	$2,9 \times 10^{12}$	$4,5 \times 10^{12}$

Tableau 1. Périodes de révolution et demi-grands axes des trajectoires des planètes (d'après <https://cnes.fr>)

Q2. Recopier sur la copie la ligne 8 du programme et la compléter.

Q3. Proposer sur la copie un commentaire en précisant la finalité des lignes 16 et 17 du programme et les unités des grandeurs calculées.

Q4. Commenter la figure 3 au regard des lois de Kepler.

À partir des relevés de Tycho Brahe, Kepler a pu déterminer que la période de révolution de Mars, notée T_{Mars} , était de 687 jours.

Q5. Déterminer la valeur du demi-grand axe de l'orbite de Mars, noté a_{Mars} , et justifier qu'elle correspond à la quatrième planète du système solaire en partant du Soleil.

Polynésie 2022 :

Une fois satellisée autour de Mercure, la sonde MESSENGER a effectué ses orbites avec une période de révolution T_S égale à 8,00 heures. Lors de son passage au plus près de la surface de la planète, à l'altitude h égale à 200 km, la sonde possédait une accélération a_S de valeur $3,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. On supposera que cette accélération était uniquement due à l'attraction gravitationnelle de Mercure.

Mégale à $3,29 \times 10^{23}$ kg.

Donnée :

➤ Constante de Kepler pour le Système solaire : $k = 2,9 \times 10^{-19} \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$

Ses lois de la gravitation et du mouvement ont permis à Newton d'établir l'expression de la constante de Kepler pour tout corps de masse m orbitant autour d'un astre

attracteur de masse M (très supérieure à m) : $k = \frac{4\pi^2}{G.M}$.

8. En appliquant la troisième loi de Kepler au mouvement de la sonde MESSENGER autour de Mercure, calculer la valeur du demi-grand axe, a , de son orbite. À l'aide de cette valeur, expliquer pourquoi la trajectoire de la sonde ne peut pas être considérée comme circulaire.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Asie 2021 :

La 3^e loi de Kepler lie le demi-grand axe orbital et la période de révolution des systèmes (planète, sonde) en orbite autour du Soleil. On peut ainsi déterminer la période de révolution de la sonde *PSP* autour du Soleil à partir de la mesure du demi-grand axe de sa trajectoire elliptique.

3. En utilisant la 3^e loi de Kepler et après analyse du programme Python figurant ci-après et de ses résultats, déterminer la période de révolution *T* de la sonde *PSP* autour du Soleil.

Caractéristiques des orbites des planètes et de la sonde *PSP* autour du soleil

Planète	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune	Sonde <i>PSP</i>
Demi- grand axe orbital (× 10 ³ km)	57909,23	108209,5	149597,8875	227944	778340	1426700	2870700	4498400	<i>a</i> = 58210
Période de révolution (j) (jour)	87,95565	224,667	365,2564	686,885	4332,01	10754	30698	60216,8	<i>T</i>

Le programme Python ci-dessous a été écrit à partir des caractéristiques des orbites des planètes.

```

1 import numpy as np
2 import statsmodels.api as sm
3
4 # Périodes T (en j)
5 T = np.array([ 87.95565, 224.667, 365.256363, 686.885, 4332.01,
6 10754, 30698, 60216.8 ])
7
8 # Demi-grands axes a (en km)
9 a = np.array([ 57909230, 108209500, 149597887.5, 227944000,
10 778340000, 1426700000, 2870700000, 4498400000 ])
11
12 # sm.OLS(y, x) définit un modèle linéaire de la forme y = kx
13 model = sm.OLS(T**2, a**3)
14
15 # model.fit() calcule le coefficient k
16 results = model.fit()
17
18 print("--- Résultats de la modélisation ---\n")
19
20 # Affiche la valeur du coefficient k
21 print(" k=", results.params[0], (" j**2 * km**-3"))

```

Affichage des résultats du programme à l'écran :

```

--- Résultats de la modélisation ---

k= 3.983462498345611e-20 j**2 * km**-3

```

Remarque : la notation e^{-20} signifie 10^{-20} .

.....

.....

.....

.....

LOI DES GAZ PARFAITS

Cours :

Traduire d'un point de vue microscopique : la température, la pression, la masse volumique.

Donner l'équation d'état du gaz parfait

Définir un gaz parfait

Utiliser l'équation des gaz parfaits pour décrire le comportement d'un gaz.

- ≤ $PV = nrT$ et on isole ce que l'on cherche.
- ≤ On utilise éventuellement d'autres formules pour obtenir une masse, masse volumique, etc...

Amérique du Nord 2021 :

Pour préparer une solution S d'acide chlorhydrique, on dissout un volume de 150 L de chlorure d'hydrogène gazeux HCl(g) dans de l'eau pour obtenir 1,00 L de solution aqueuse d'acide chlorhydrique.

Le chlorure d'hydrogène est assimilé à un gaz parfait et l'expérience se déroule sous une pression atmosphérique de 1013 hPa et à une température ambiante de 20°C.

A.1. Écrire l'équation de dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau.

A.2. Déterminer la concentration en quantité de matière de chlorure d'hydrogène apportée C_S de la solution S ainsi préparée.

Données

Masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Constante des gaz parfaits : $R = 8,32 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

La température T en kelvin est reliée à la température θ en degré Celsius par : $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15$.

Métropole 2021 :

On étudie dans cet exercice une enveloppe en nylon de modèle « M-77 » de 0,1 mm d'épaisseur, de volume $V = 2\,200 \text{ m}^3$, à laquelle on accroche une nacelle de modèle « C-1 », de masse $m_{\text{nacelle}} = 56 \text{ kg}$. La nacelle est capable d'embarquer jusqu'à trois personnes ainsi que quatre bombes pesant chacune 40 kg et contenant 20 kg de propane chacune.

Données :

- intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- surface de l'enveloppe du ballon : $S = 847 \text{ m}^2$;
- masse par unité de surface de l'enveloppe en nylon : $\sigma_{\text{nylon}} = 65 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;
- constante du gaz parfait : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- masse molaire de l'air : $M_{\text{air}} = 29,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Détermination de la masse totale qu'il est possible d'embarquer dans la montgolfière

Au cours d'un vol, la montgolfière se trouve à une altitude de 1,5 km. On considère que la pression p à l'intérieur du ballon est égale à la pression à l'extérieur du ballon. La figure 1 présente l'évolution de la pression de l'air en fonction de l'altitude. L'air est considéré comme un gaz parfait. Le brûleur n'est pas actionné au moment où on étudie le système.

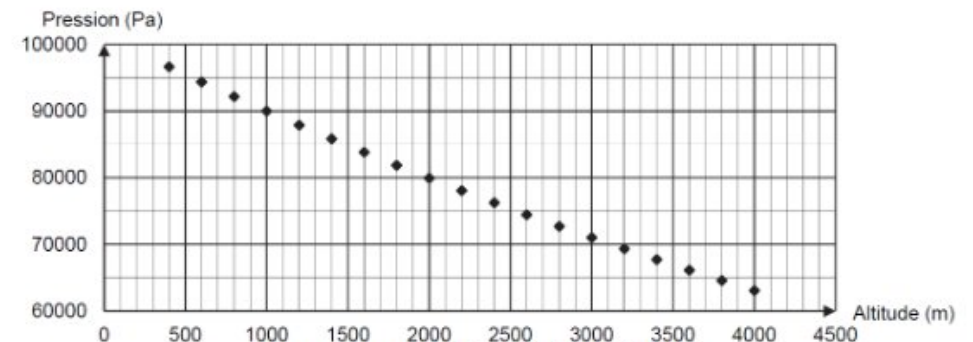


Figure 1. Pression de l'air en fonction de l'altitude

1.1. Étude du système « ballon ».

1.1.1. À l'aide de l'équation d'état du gaz parfait, exprimer la masse volumique de l'air contenu dans le ballon ρ_{air} en fonction de la pression p , M_{air} , R et T , la température de l'air contenu dans le ballon.

1.1.2. Montrer que la valeur de la masse volumique de l'air contenu dans le ballon ρ_{air} lorsque le ballon est à une altitude de 1,5 km est de l'ordre de $0,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. On suppose que la température de l'air à l'intérieur du ballon à l'instant où on étudie le système est à 373 K.

Nouvelle Calédonie 2022 :

Données :

- Caractéristiques techniques de l'hélicoptère Ingenuity (figure 1 ci-dessus) ;
- Pression atmosphérique de l'air sur Terre : $P = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$;
- Masse molaire moyenne de l'air sur Terre : $M = 29,0 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- Conversion d'unité de température : $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$;
- Intensité de pesanteur sur Mars : $g_M = 3,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- Intensité de pesanteur sur Terre : $g_T = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- Pour un gaz supposé parfait, on a la relation : $PV = nRT$, avec P en Pascal (Pa), V en m^3 , n en mol, R (donné ci-dessus) et T en kelvin (K).

PARTIE A : L'atmosphère de Mars

L'hélicoptère Ingenuity est fortement handicapé dans l'atmosphère peu dense de Mars. En effet, la densité de l'atmosphère est 100 fois plus faible sur Mars que sur Terre.

A.1. En supposant que l'air est un gaz parfait, montrer que la masse volumique de l'air (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) sur Terre ρ_{Terre} vérifie la relation : $\rho_{\text{Terre}} = \frac{PM}{RT}$

A.2. Calculer sa valeur pour une température de l'air de 15°C .

La masse volumique de l'atmosphère sur Mars est égale à 1 % de celle de l'air sur Terre.

A.3. En déduire la valeur de la masse volumique de l'atmosphère sur Mars ρ_{Mars} à la température de 15°C .

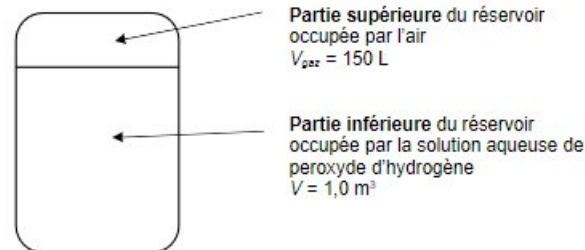
A.4. Sachant que la portance est proportionnelle à la masse volumique de l'atmosphère dans laquelle se trouve l'engin, expliquer pourquoi c'est un « défi technologique » de faire voler un hélicoptère sur Mars.

Liban 2023 :

En 2015, un accident a eu lieu dans une usine agroalimentaire qui utilise une solution de peroxyde d'hydrogène pour désinfecter la ligne de production. Selon l'inspection des installations classées, l'explosion serait due à une surpression dans le réservoir de stockage de la solution de peroxyde d'hydrogène. Plusieurs pistes sont envisagées pour expliquer la cause de l'accident, parmi lesquelles une réaction violente générée par une impureté présente dans le réservoir de stockage liée au changement de capteur de pression du réservoir effectué 15 jours auparavant. La solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène stockée dans ce réservoir a une concentration $[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{réservoir}} = 1,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données :

- schéma du réservoir de stockage avant l'accident :



- constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- pression dans le réservoir : $P = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$;
- température dans le réservoir : $T = 293 \text{ K}$;
- $1,0 \text{ m}^3 = 1,0 \times 10^3 \text{ L}$.

Q.8. Déterminer la quantité de matière d'air, notée n_{air} , qui occupe la partie supérieure du réservoir.

[illegible]

EFFET PHOTOELECTRIQUE

Cours :

Décrire l'effet photoélectrique

Définir le travail d'extraction

Donner pour le photon : énergie, vitesse et masse.

Citer quelques applications mettant en jeu l'interaction photon-matière.

Formule du rendement d'une cellule photovoltaïque

Déterminer le rendement d'une cellule photovoltaïque

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}}$$

Nouvelle Calédonie 2017 :

Caractéristiques de la cellule solaire en silicium monocristallin commercialisée par Microsol

- surface $S = 2,43 \times 10^{-2} \text{ m}^2$;
- caractéristiques électriques réalisées sous des conditions de test standardisées, à 25°C , avec un ensoleillement de 1000 W.m^{-2} :

Paramètre	Symbole	Valeur typique
Tension en circuit ouvert	V_{oc}	0,614 V
Intensité de court-circuit	I_{sc}	8,594 A
Tension à puissance maximale	V_{Pmax}	0,521 V
Intensité à puissance maximale	I_{Pmax}	8,090 A
Puissance maximale	P_{max}	4,210 W

D'après www.microsolinternational.com

Calculer le rendement de cette cellule :

Sciences de l'ingénieur 2024 :

De nouveaux fabricants développent des solutions solaires portables pour répondre à la demande croissante de recharge de téléphone mobile. Le panneau photovoltaïque (figure 1) en est une illustration. Il s'agit d'un panneau solaire en silicium monocristallin réputé pour son rendement (ou efficacité) élevé, soit 22,4 % annoncé par le constructeur et défini dans des conditions normées d'éclairage.



Figure 1. Panneau photovoltaïque

Par une journée ensoleillée, on réalise l'expérience de charge d'un téléphone mobile (figure 2 et figure 3). On mesure la tension U aux bornes du téléphone mobile et le courant I traversant le circuit : $U = 4,8 \text{ V}$ et $I = 0,84 \text{ A}$.

Durant l'expérience, le flux lumineux Φ mesuré avec un solarimètre est de 570 W.m^{-2} .

Q6 Déterminer la valeur de $P_{\text{reçue}}$, la puissance lumineuse reçue par le panneau.

Q7. À l'aide des mesures réalisées durant l'expérience (figure 2), déterminer la valeur de P_{utile} , la puissance utile fournie par le panneau.

Q8. En déduire η , le rendement du panneau photovoltaïque. Comparer avec l'indication donnée par le fabricant.

Réaliser un bilan énergétique sur un photon/électron

L'énergie d'un photon est : $E = h \times f$

L'énergie cinétique d'un électron dans une cellule photovoltaïque est égale à l'énergie du photon auquel on soustrait l'énergie du travail d'extraction.

Sciences de l'ingénieur 2024 :

Données :

- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- le travail d'extraction nécessaire pour qu'un photon puisse extraire un électron est :

$$\Delta E = h \times f_s = 1,12 \text{ eV}$$

- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;

- Q1. Décrire en quelques lignes le phénomène qui intervient dans la conversion d'énergie lumineuse en énergie électrique lors du fonctionnement du panneau photovoltaïque.
- Q2. Calculer la fréquence seuil f_s et la longueur d'onde associée λ_s d'un photon pour extraire un électron.
- Q3 Montrer alors que le rayonnement solaire convient pour le fonctionnement de ce panneau photovoltaïque.

.....

.....

.....

.....

.....

.....