

Devoir de vacances de entrée en PCSI 2025-2026 1iere partie : QCM

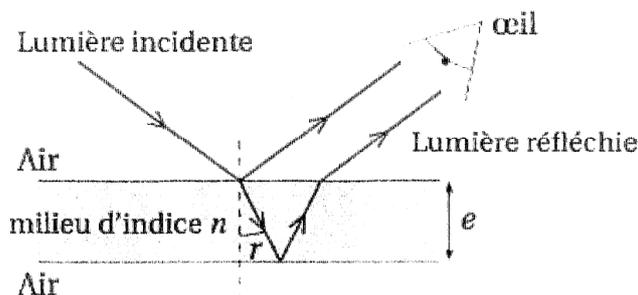
Chaque exercice comporte 4 affirmations repérées par les lettres a, b, c, d. Vous devez indiquer, dans le tableau de la fiche réponse, pour chacune d'elles, si elle est vraie (V) ou fausse (F). Toute réponse exacte rapporte un point. Toute réponse inexacte entraîne le retrait d'un point. Pas de réponse = 0 pt. Calculatrice interdite.

1- Interférences.

En observant une bulle de savon, on voit apparaître des irisations dont les couleurs changent suivant l'angle d'observation : c'est un phénomène d'iridescence. Une bulle de savon est constituée d'un mince film d'eau savonneuse emprisonnant de l'air. Quand la lumière traverse ce film, il se produit un phénomène d'interférences entre la lumière réfléchiée sur la face supérieure du film et celle réfléchiée sur la face inférieure.

Pour une longueur d'onde λ et un angle de réfraction r donnés, la différence de marche entre ces deux ondes, notée δ , dépend de l'épaisseur e et de l'indice moyen de réfraction n du film d'eau savonneuse :

$$\delta = 2ne \cos(r) + \frac{\lambda}{2}.$$



Données : Indice moyen de réfraction de l'eau savonneuse : $n = 1,35$;
 $1,35 \times \cos(42^\circ) \approx 1,0$;
Longueur d'onde d'une radiation de couleur rouge : $\lambda_{\text{rouge}} = 640 \text{ nm}$.

a) L'onde réfléchiée sur la face inférieure et celle réfléchiée sur la face supérieure sont synchrones et toujours en phase.

Pour un ordre d'interférence $k = 1$,

b) L'épaisseur minimale du film pour obtenir des interférences destructives est donnée par la relation

$$e = \frac{\lambda}{4n \cos r}.$$

c) Avec un angle de réfraction $r = 42^\circ$, l'épaisseur minimale du film pour que la bulle paraisse rouge est de $e = 160 \text{ nm}$.

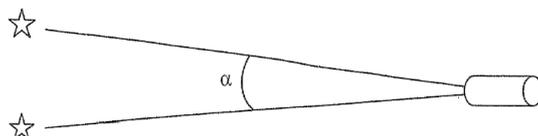
d) Avec un film d'épaisseur $e = 160 \text{ nm}$ et un rayon incident vert, l'intensité réfléchiée est maximum pour un angle de réfraction inférieur à 42° .

2- Résolution d'un télescope.

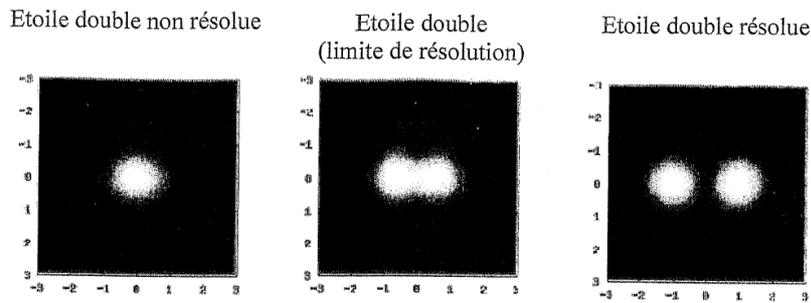
Au lieu de voir des étoiles ponctuelles à travers un télescope, on voit des taches. La diffraction brouille les images astronomiques. Pour un diamètre donné d'un télescope, tous les détails ne seront pas visibles. Si les plus gros détails pourront être vus, les plus fins seront flous et donc non visibles à l'œil à travers le télescope. Un exemple de détail que les astronomes cherchent à distinguer est l'existence d'étoiles doubles. Une étoile double est en fait un couple de deux étoiles. Elles peuvent être liées gravitationnellement. Elles tournent alors l'une autour de l'autre et sont donc proches physiquement.

Inspiré du site de l'observatoire de Paris - <http://www.obspm.fr/>

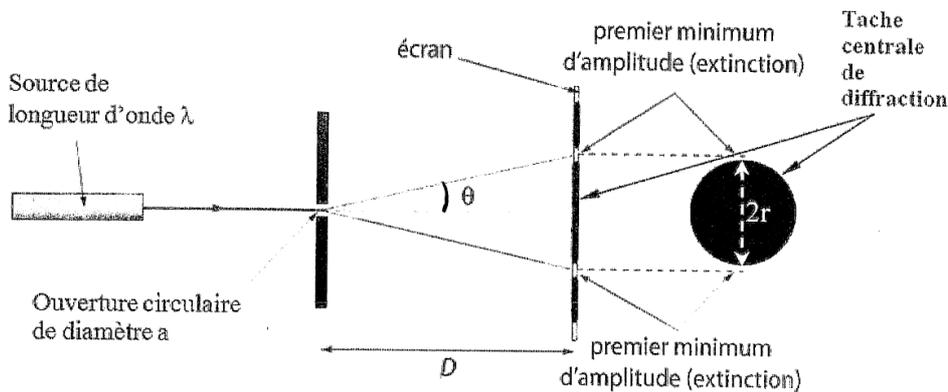
On appelle résolution l'angle limite α entre les lignes de visées de deux étoiles ponctuelles pour lequel on peut distinguer les deux étoiles (voir schéma).



On considère qu'il n'y a plus qu'une tache lorsque le centre de la tache image de la seconde étoile est sur la première extinction de la figure correspondante à la première étoile (voir illustration ci-dessous).



Le schéma ci-dessous rappelle le principe de la diffraction de la lumière par un trou circulaire de diamètre a . L'écart angulaire θ , exprimé en radian, sous lequel on voit le rayon r de la tache de diffraction est $\theta \approx 1,22 \frac{\lambda}{a}$, avec λ la longueur d'onde (en mètres) de la lumière émise par la source lumineuse et D la distance entre le trou et l'écran d'observation (également exprimée en mètres).



Donnée : Dans le vide, le spectre électromagnétique visible s'étend du violet (longueur d'onde d'environ 400 nm) au rouge (longueur d'onde d'environ 750 nm).

- En lumière blanche, on observe une tache irisée dont le pourtour est rouge.
- Les deux étoiles sont indiscernables lorsque l'écart angulaire entre les centres de leurs taches est inférieur à $1,22 \frac{\lambda}{a}$.
- Plus le diamètre du télescope est petit, plus sa résolution est bonne.
- En remplaçant un filtre sélectif bleu à 400 nm par un filtre sélectif rouge à 600 nm devant l'objectif du télescope, le rayon r d'une tache centrale est théoriquement multiplié par $\frac{3}{2}$.

Interférences atomiques

3-

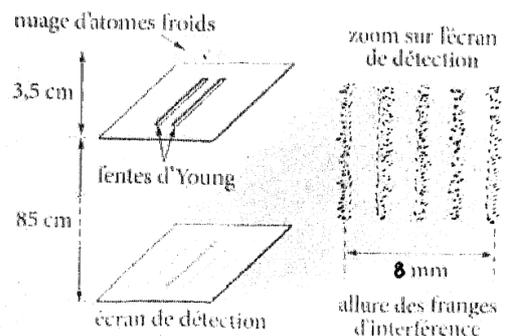
Une expérience d'interférences atomiques, réalisée par une équipe japonaise en 1992, a consisté à ralentir une assemblée d'atomes de néon, puis à laisser tomber en chute libre ce nuage d'atomes au-dessus d'une plaque percée de deux fentes microscopiques.

Chaque onde atomique se dédouble à son passage par les deux fentes, et la superposition de ces deux ondes produit des franges d'interférence. Sur un écran de détection placé sous les fentes, chaque point noir correspond à l'impact d'un atome.

Pour une longueur d'onde de De Broglie de 15 nm, avec une distance fentes-écran égale à $D = 85$ cm et des fentes écartées de $a = 6,0$ μm , l'interfrange est aisément observable.

La densité des impacts en un point de l'écran est proportionnelle à la probabilité qu'a un atome de se retrouver en ce point.

D'après http://www.lkb.ens.fr/recherche/atfroids/tutorial/pages/10_interf_atmiques.htm



3

Données : Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$;
Masse de l'atome de néon $m = 3,4 \times 10^{-26} \text{ kg}$;
 $\frac{8}{5} = 1,6$; $\frac{6,63}{15} \approx 0,44$; $6,63 \times 15 \approx 99$; $\frac{4,4}{3,4} \approx 1,3$; $4,4 \times 3,4 \approx 15$.

- L'interfrange i mesurée est égale à 1,6 mm.*
- La quantité de mouvement associée aux atomes de néon est de $4,4 \times 10^{-26} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.*
- Leur vitesse est de $1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.*
- Cette expérience traduit la dualité onde corpuscule de la lumière.*

4-

Feux d'artifice

La pyrotechnie, du grec « pyros » feu et « tekhnê » savoir-faire, est la technique des feux d'artifice inventée par les chinois, il y a plus de mille ans. Une fusée pyrotechnique de masse $M = 400 \text{ g}$ est tirée verticalement depuis un mortier fixé au sol, avec une vitesse initiale $V_0 = 50,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Le mouvement de son centre d'inertie G s'effectue dans un repère vertical (O, \vec{j}) orienté vers le haut. On choisit l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$ lorsque le centre d'inertie G est confondu avec l'origine du repère O .

Les courbes du **document n°1**, représentent l'évolution temporelle de l'énergie cinétique E_c , de l'énergie potentielle de pesanteur E_p et de l'énergie mécanique totale E_m de la fusée lors de son mouvement ascendant dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

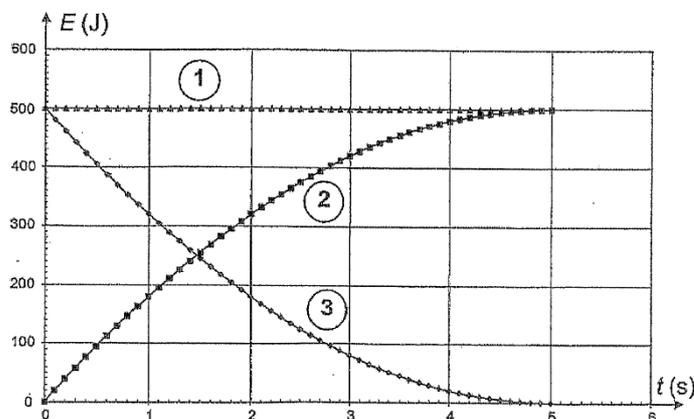
On prend l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au point O .

A l'apogée (au sommet), une charge d'éclatement provoque l'explosion de la fusée et disperse les garnitures pyrotechniques appelées « étoiles ». Le mouvement d'une « étoile » produite lors de l'explosion de la fusée à l'apogée de sa trajectoire s'effectue dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) . On prend comme nouvelle origine des temps l'instant où l'« étoile » est projetée à partir du point A à une altitude y_A , avec un vecteur vitesse initiale \vec{v}_A appartenant au plan xOy et incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale.

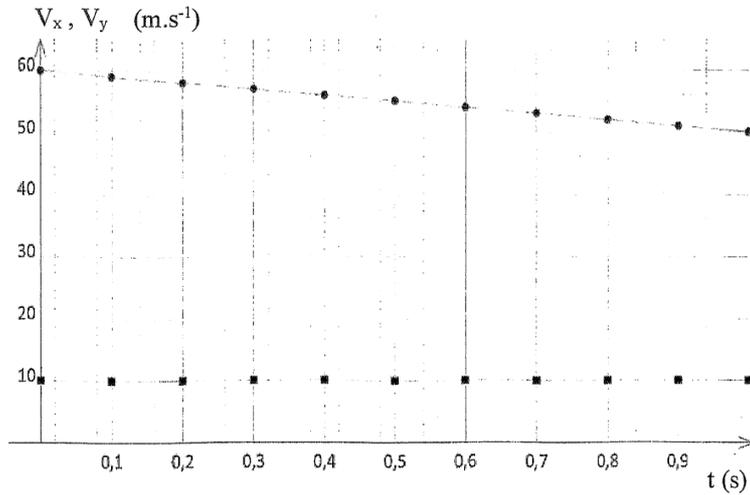
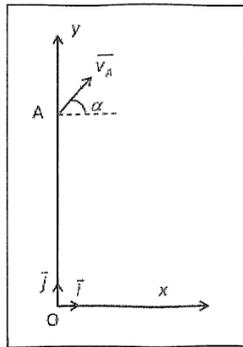
Les courbes du **document n°2**, représentent l'évolution temporelle des composantes V_x et V_y du vecteur vitesse \vec{v} d'une « étoile ». On néglige les actions mécaniques liées à l'air (poussée d'Archimède et force de frottements).

Données : Intensité du champ de pesanteur : $g \approx 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$; $60,8^2 \approx 3700$.

Document n°1 :



Document n°2 :

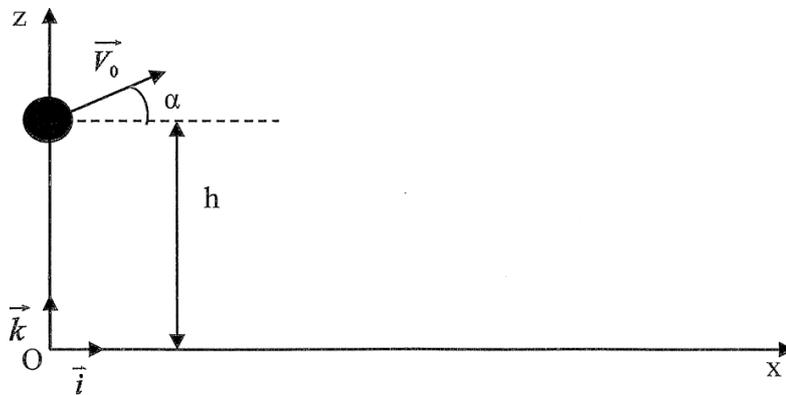


- L'évolution de l'énergie potentielle de pesanteur de la fusée est représentée sur la courbe n°2 du document 1.
- La fusée explose 1,5 s environ après son décollage.
- La fusée atteint son apogée à 100 m du sol.
- La vitesse V_A d'une étoile lors de l'explosion a une valeur supérieure à 180 km.h^{-1} .

5-

Le lancer du poids.

Un poids d'une masse $m = 6,0 \text{ kg}$ est lancé d'une hauteur $h = 2,0 \text{ m}$ au dessus du sol avec une vitesse initiale de valeur $V_0 = 7,0 \text{ m.s}^{-1}$ et faisant un angle α avec l'horizontale. Le mouvement se fait dans un plan vertical affecté du repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{k}) . On néglige les frottements de l'air.



Données : Intensité du champ de pesanteur : $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$;

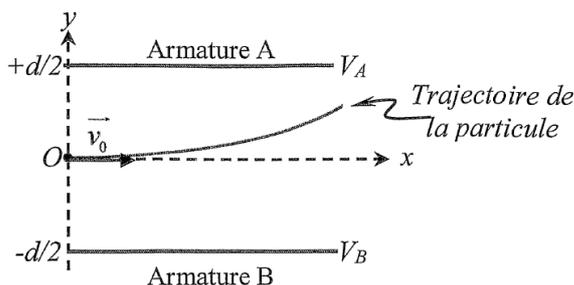
$$\cos(45^\circ) = \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad \cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha) = 1; \quad 7\sqrt{10} \approx 22; \quad 7\sqrt{2} \approx 9,9.$$

- L'équation de la trajectoire est : $z = -\frac{g}{2V_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} \cdot x^2 + x \cdot \tan(\alpha) + h$.
- Pour $\alpha = 45^\circ$, l'équation de la trajectoire s'écrit : $z = -\frac{g}{V_0^2} x^2 + x + h$.
- Pour $\alpha = 45^\circ$, l'équation horaire sur la vitesse suivant Oz s'écrit $V_z = -10t + 9,9$ (t étant exprimé en s et V_z en m.s^{-1}).
- Pour $\alpha = 0^\circ$, le poids retombe au point d'abscisse $x = 4,4 \text{ m}$.

Mouvement d'une charge électrique

Un condensateur plan est constitué de deux armatures planes horizontales distantes de d , soumises à une différence de potentiel $U_{AB} = V_A - V_B = 10 \text{ kV}$, où V_A (respectivement V_B) est le potentiel de l'armature A (respectivement B). Le champ électrostatique \vec{E} entre les armatures est uniforme, de valeur $5,0 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$.

Au point O de coordonnées $(0; 0)$, une particule de charge q pénètre, avec une vitesse \vec{v}_0 selon l'axe (Ox) , dans la zone où règne le champ électrostatique et décrit la trajectoire représentée sur le schéma ci-contre.



Donnée : Valeur absolue de la charge électrique de la particule : $|q| = e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

- La distance d séparant les deux armatures est de 20 cm .
- L'intensité de la force électrostatique est de $8,0 \times 10^{-14} \text{ N}$.
- La charge de la particule est positive.

d) Sachant que les équations horaires du mouvement de la particule sont $\begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = \frac{eE}{2m} t^2 \end{cases}$, l'équation de la

trajectoire de la particule est $y(x) = \frac{eE}{mv_0^2} x^2$.

Satellite SPOT.

Initié par la France à la fin des années 1970, le programme SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) s'est concrétisé depuis février 1986 par la mise sur orbite de cinq satellites équipés de capteurs à haute résolution. Le dernier de la série, SPOT 5, a été mis sur orbite le 4 mai 2002 depuis la base de lancement de Kourou par un lanceur Ariane 4.

SPOT 5 a une hauteur de $5,7 \text{ m}$ pour une base de $3,1 \text{ m}$ de côté ; sa masse au lancement était de 3000 kg dont 150 kg d'hydrazine. La durée de vie prévue est de 5 ans .

Tous les satellites SPOT évoluent à une altitude de 820 km , sur des orbites quasi polaires, caractérisées par une inclinaison de $98,7^\circ$ (ce qui permet l'héliosynchronisme). La période de révolution des satellites SPOT est de $101,4 \text{ min}$ et le cycle orbital a une durée de 26 jours .

Source : <http://eduscol.education.fr>

Données : Masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$;
 Rayon terrestre : $R_T \approx 6380 \text{ km}$;
 Constante de gravitation universelle : $G \approx 6,67 \times 10^{-11} \text{ S.I.}$;
 Champ de gravitation à la surface de la terre : $g_0 = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2}$;
 $7,1 \times 1,014 \approx 7,2$; $\frac{22,3}{\pi} \approx 7,1$; $446 \approx 74 \times 6$.

a) Le satellite, lorsqu'il est en orbite circulaire, a un vecteur accélération constant.

b) Le champ de gravitation à l'altitude du satellite a pour valeur $g(h) = \sqrt{\frac{R_T}{R_T + h}} \cdot g_0$, avec g_0 valeur du champ de pesanteur à la surface de la terre, R_T le rayon terrestre et h l'altitude du satellite.

c) Le rayon de l'orbite a pour expression $r = \frac{v^2}{g(h)}$.

d) La vitesse du satellite dans le référentiel géocentrique est $v = 7,4 \text{ km.s}^{-1}$.

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

On considère une lunette astronomique formée :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Problèmes :I-

LE TROMBONE DE KOENIG (5 POINTS)

Le trombone de Koenig est un dispositif permettant de déterminer la célérité des ondes acoustiques. Il est composé de deux tubes en U emboîtés l'un dans l'autre. Le premier est fixe, le second est mobile. Un haut-parleur, alimenté par un générateur de basse fréquence, émet un son de fréquence fixe. Un microphone branché sur un oscilloscope mesure le signal à la sortie du dispositif. On suppose que les ondes ont la même amplitude dans les deux tubes et que leur propagation a lieu sans amortissement.

Lorsque le tube mobile est enfoncé au maximum (décalage nul), le dispositif est symétrique et les deux chemins suivis par les ondes ont la même longueur.

Lorsque le tube mobile est tiré, les deux chemins suivis sont différents : les ondes interfèrent.

D'après la Mission de Sauvegarde du Patrimoine Scientifique Technique Contemporain (patstec.fr)

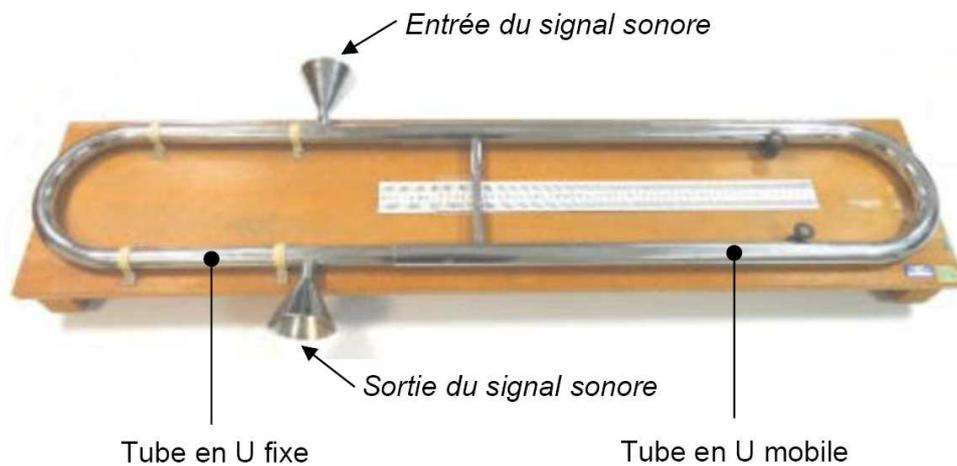


Figure 1. Trombone de Koenig

L'objectif de cet exercice est de déterminer la célérité des ondes acoustiques dans l'air à 20 °C.

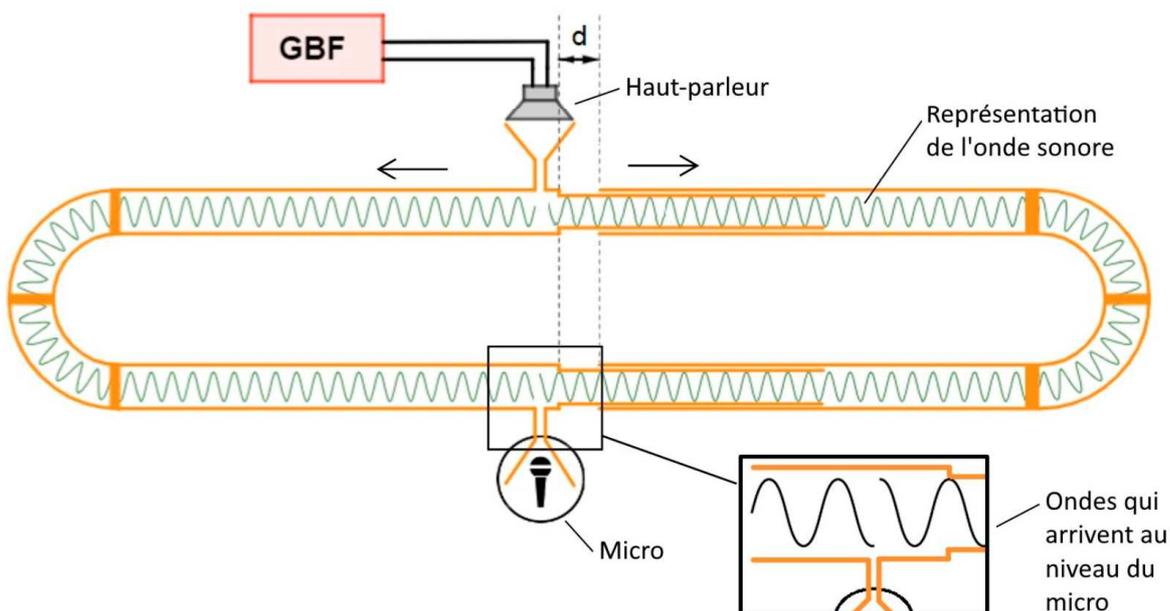


Figure 2. Le tube mobile est décalé vers la droite d'une distance d (le sens de propagation des signaux est représenté par une flèche) – **Expérience 1**

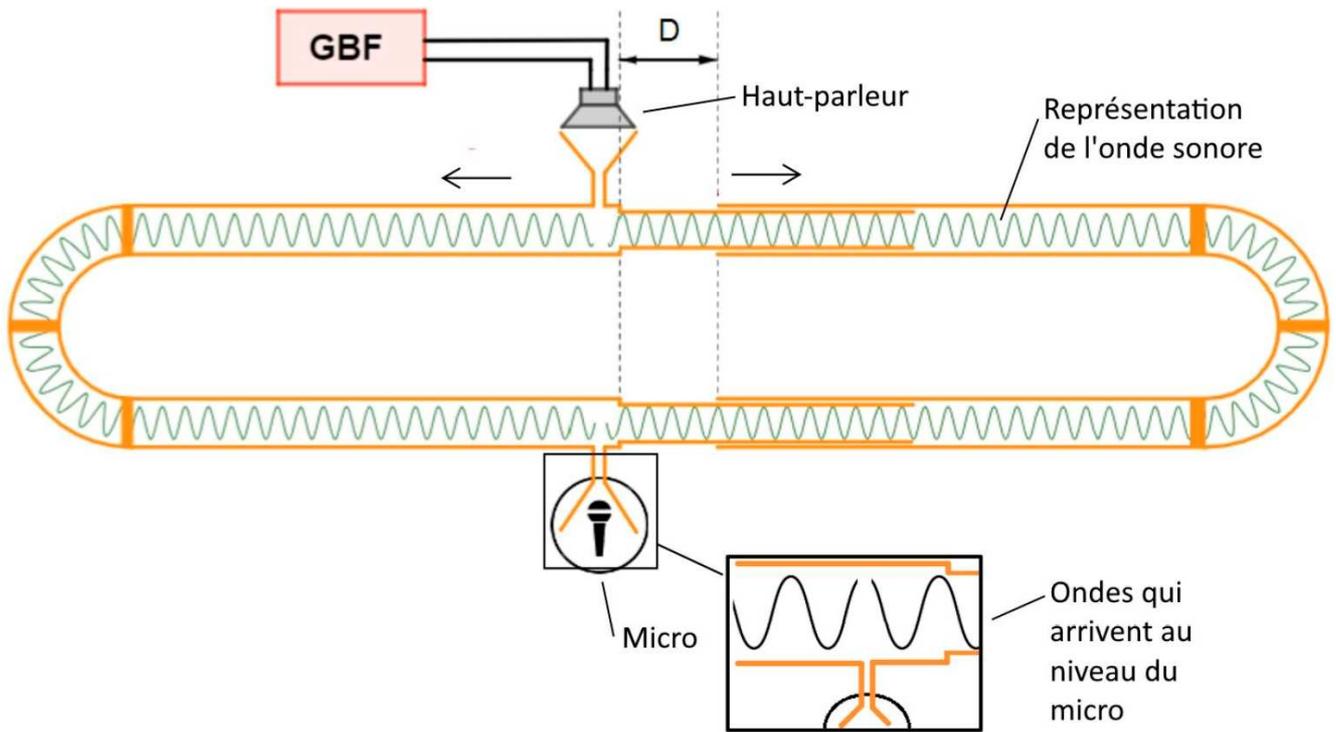


Figure 3. Le tube mobile est décalé vers la droite d'une distance D (le sens de propagation des signaux est représenté par une flèche) – **Expérience 2**

Q.1. Justifier en quoi le trombone de Koenig est un dispositif qui vérifie les conditions nécessaires à l'observation d'interférences au niveau du microphone.

Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe la figure suivante :

- la voie CH1 est reliée au GBF ;
- la voie CH2 est reliée au microphone.

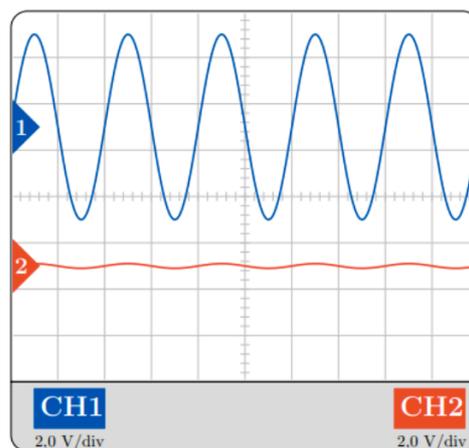


Figure 4. Écran d'oscilloscope

Q.2. Préciser le type d'interférences observé sur la figure 4 et justifier si celle-ci est associée à l'expérience 1 ou à l'expérience 2.

Pour l'expérience 2, on définit δ , la différence de marche à l'instant t entre l'onde circulant dans le tube en U fixe et l'onde circulant dans le tube en U mobile.

Q.3. Exprimer δ en fonction de D .

Q.4. Rappeler la relation entre δ et λ , la longueur d'onde du signal sonore, dans le cas d'interférences constructives. On introduira dans cette relation un nombre entier positif k .

Q.5. Montrer, à l'aide des questions 3 et 4, que pour tout k entier positif, la distance de décalage correspondante D_k , conduisant à des interférences constructives, peut se mettre sous la forme :

$$D_k = \frac{k}{2} \times \frac{v}{f}$$

avec v : célérité de l'onde sonore dans le trombone en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;

f : fréquence de l'onde sonore dans le trombone en Hz.

La plus petite distance de décalage D_1 permettant d'observer à l'écran des interférences constructives est $D_1 = 4,35$ cm pour une fréquence de l'onde sonore $f = 4\,032$ Hz.

Q.6. En déduire la valeur de la célérité de l'onde sonore se propageant dans le trombone de Koenig.

On souhaite automatiser la détermination de la célérité v des ondes acoustiques, en exploitant toutes les valeurs D_k mesurées, à l'aide du programme écrit en langage python ci-dessous.

```
1 from statistics import mean
2
3 D=[4.32e-2,8.7e-2,13.1e-2,17.4e-2,21.6e-2] # décalage en mètre de la partie mobile du trombone
4 k=[1,2,3,4,5] # nombre de décalage permettant l'obtention d'interférences constructives
5 f=4032
6 v=[]
7
8 for i in range(len(D)): # i prend les valeurs successives 0,1,2,3,4
9     v_i=2*f*D[i]/k[i]
10    v.append(v_i)
11
12    v_son=round(mean(v)) # permet de calculer la moyenne v_son des grandeurs contenues dans la liste v
13
14 print("La vitesse moyenne du son dans le trombone est", v_son,"m/s")
15
16 Lambda=...
17 print("La longueur d'onde de l'onde acoustique dans le trombone est",Lambda,"m")
```

Figure 5. Programme permettant de déterminer la célérité et la longueur d'onde des ondes acoustiques

Q.7. Expliquer l'intérêt des lignes 8, 9 dans le programme.

Q.8. Proposer à la ligne 16, à l'aide des grandeurs définies dans le programme, une formule permettant de calculer la longueur d'onde λ (Lambda) des ondes acoustiques.

Température au sein d'un igloo

Les habitants des régions polaires comme les Inuits savent qu'un abri constitué de neige (igloo, quinzee, hutte, abri sous arbre, trou à neige, etc.) offre un rempart efficace contre le froid. Nous allons nous intéresser ici au cas de l'igloo.



Figure 1. Un igloo

L'objectif de cet exercice est de comparer l'évolution de la température au sein de l'igloo dans différentes situations.

Données :

- l'igloo est modélisé par une demi-sphère creuse dont l'aire de la surface extérieure $S = 9,0 \text{ m}^2$ et d'épaisseur $e = 25 \text{ cm}$;
- l'aire de la surface intérieure de la demi-sphère peut être assimilée à S ;
- on néglige dans cet exercice la fonte de la paroi de l'igloo ainsi que les transferts thermiques avec le sol ;

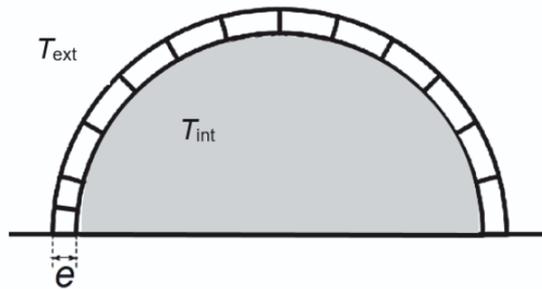


Figure 2. Vue en coupe de l'igloo

- on suppose que la résistance thermique R_{th} en $\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ de la paroi de l'igloo est liée à son épaisseur e , à l'aire S de la paroi et à la conductivité thermique λ en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ du matériau par la relation :

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

- la résistance thermique d'une paroi composée de plusieurs couches est la somme des résistances thermiques de chaque couche.

La température extérieure $T_{ext} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ est supposée constante. Le système étudié est l'air intérieur. Le système a une température homogène notée T_{int} à un instant donné. La personne se trouvant dans l'igloo est assimilée à une source thermique qui dégage un flux thermique Φ_1 de 13 MJ par jour.

On suppose que les résistances thermiques associées aux échanges thermiques conducto-convectifs de part et d'autre de la paroi de l'igloo sont négligeables devant R_{th} .

- Q1.** Citer les trois modes de transferts thermiques.
- Q2.** Montrer que la valeur du flux thermique Φ_1 produit par la personne est de $1,5 \times 10^2 \text{ W}$ environ.
- Q3.** Déterminer le sens de variation de la résistance thermique d'une paroi d'épaisseur e lorsque la conductivité thermique du matériau constituant celle-ci augmente.

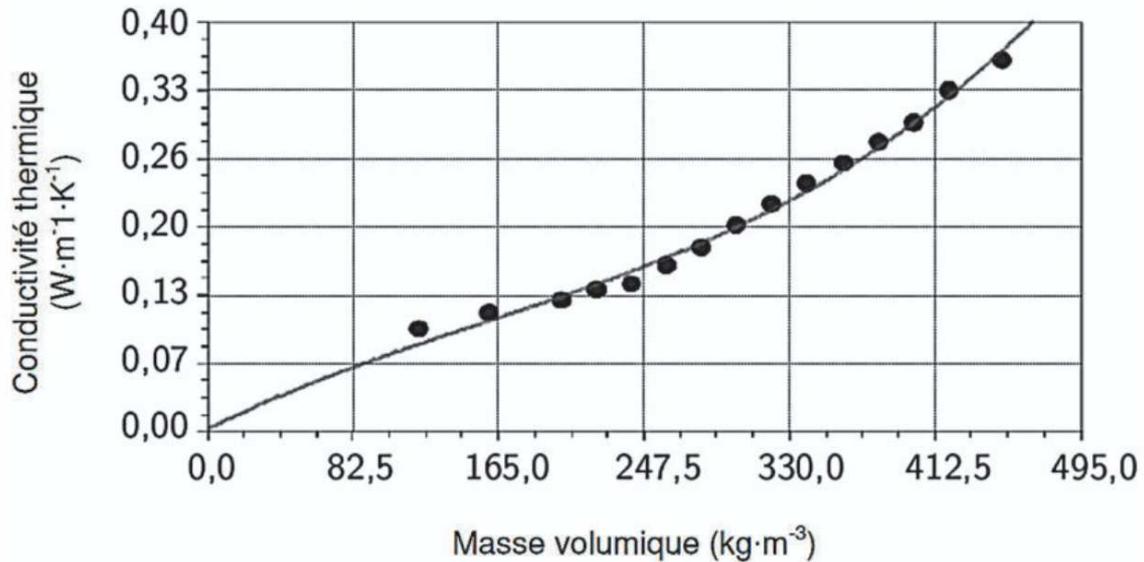


Figure 3. Mesure de la conductivité thermique de la neige en fonction de sa masse volumique (●) et modélisation associée (courbe continue). D'après concours commun INP-2022

- Q4.** Discuter, à l'aide de la figure 3, de l'efficacité de l'isolation thermique de la paroi de l'igloo si la neige a été très tassée lors de la réalisation de l'igloo. Proposer une explication.

Dans les questions suivantes, on s'intéresse à l'évolution de la température T_{int} à l'intérieur de l'igloo. On considère une neige de conductivité thermique $\lambda = 0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

- Q5.** Rappeler la relation entre le flux thermique traversant une paroi, la différence de température de part et d'autre de la paroi et la résistance thermique de la paroi. Déterminer la valeur de Φ_2 , le flux thermique sortant à travers la paroi de l'igloo, pour une température intérieure initialement égale à $T_{\text{int}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Q6.** Déterminer par un raisonnement qualitatif si la température intérieure T_{int} va diminuer, augmenter ou stagner en comparant les flux Φ_1 et Φ_2 .

À la suite d'une chute de neige, l'igloo est désormais recouvert de $e' = 3,0 \text{ cm}$ de neige fraîche, appelée poudreuse, de conductivité thermique $\lambda' = 0,040 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

- Q7.** On suppose que l'aire S n'a pas varié. Montrer que la valeur de la nouvelle résistance thermique de l'igloo est environ $R_{\text{th}}' = 0,27 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.

- Q8.** Vérifier qu'alors la valeur de la température à l'intérieur de l'igloo lorsque l'équilibre thermique est atteint est d'environ $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Discuter des hypothèses simplificatrices indiquées dans les données de l'exercice.

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.

1 - Mesure de l'épaisseur d'un film alimentaire

Les films alimentaires étirables sont des films plastiques souples et transparents utilisés principalement pour conserver les aliments. Ils sont fabriqués en polymères tels que le polyéthylène basse densité (PEBD) et parfois le polychlorure de vinyle (PVC). Ces films offrent une barrière contre l'air, l'humidité et les contaminants, aidant ainsi à prolonger la fraîcheur des aliments et à réduire les déchets alimentaires. L'épaisseur du film est un paramètre essentiel des propriétés mécaniques (élasticité, résistance à la traction) des films étirables, ainsi que de leur impact écologique.



L'objectif de cet exercice est d'étudier différentes méthodes de détermination de l'épaisseur d'un film alimentaire.

1. Mesure de l'épaisseur d'un film alimentaire par capacimétrie

Données :

- un condensateur plan est constitué de deux armatures métalliques, parallèles entre elles, chacune de surface S , séparées par un matériau isolant (papier, plastique) d'épaisseur e ;
- expression littérale de la capacité C d'un tel condensateur :

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{e}$$

avec : • $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$: permittivité du vide ;

• ϵ_r : permittivité relative du matériau isolant ;

- permittivité relative du film alimentaire étudié : $\epsilon_{r, \text{film}} = 2,3$;
- permittivité relative de l'air : $\epsilon_{r, \text{air}} = 1,0$;
- épaisseur de référence du film alimentaire : $e_{\text{film, ref}} = 7,6 \mu\text{m}$;
- pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\frac{|x - x_{\text{ref}}|}{u(x)}$ avec x la valeur mesurée, x_{ref} la valeur de référence et $u(x)$ l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x .

On réalise un condensateur plan en intercalant entre deux feuilles de papier aluminium rectangulaires, de dimensions $21 \text{ cm} \times 28 \text{ cm}$, une seule couche du film transparent d'épaisseur e . On note C sa capacité. La figure 1 ci-dessous présente un schéma de ce dispositif.

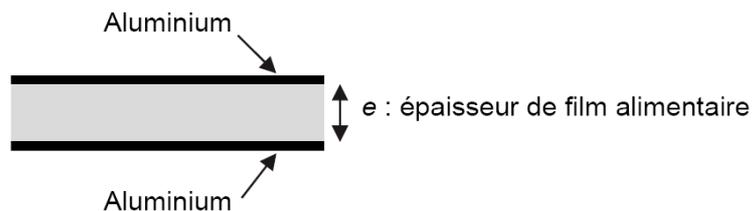


Figure 1. Vue en coupe du condensateur plan

On réalise ensuite le montage, schématisé en figure 2, constitué du condensateur réalisé, d'un conducteur ohmique de résistance $R = 1,00 \text{ k}\Omega$, d'un interrupteur et d'un générateur idéal délivrant une tension continue $E = 4,9 \text{ V}$.

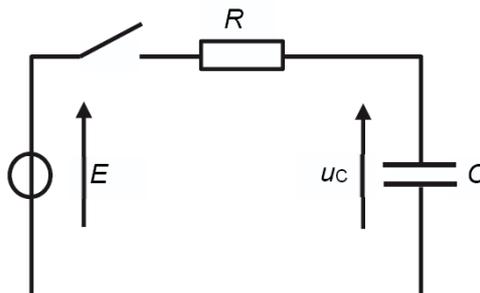
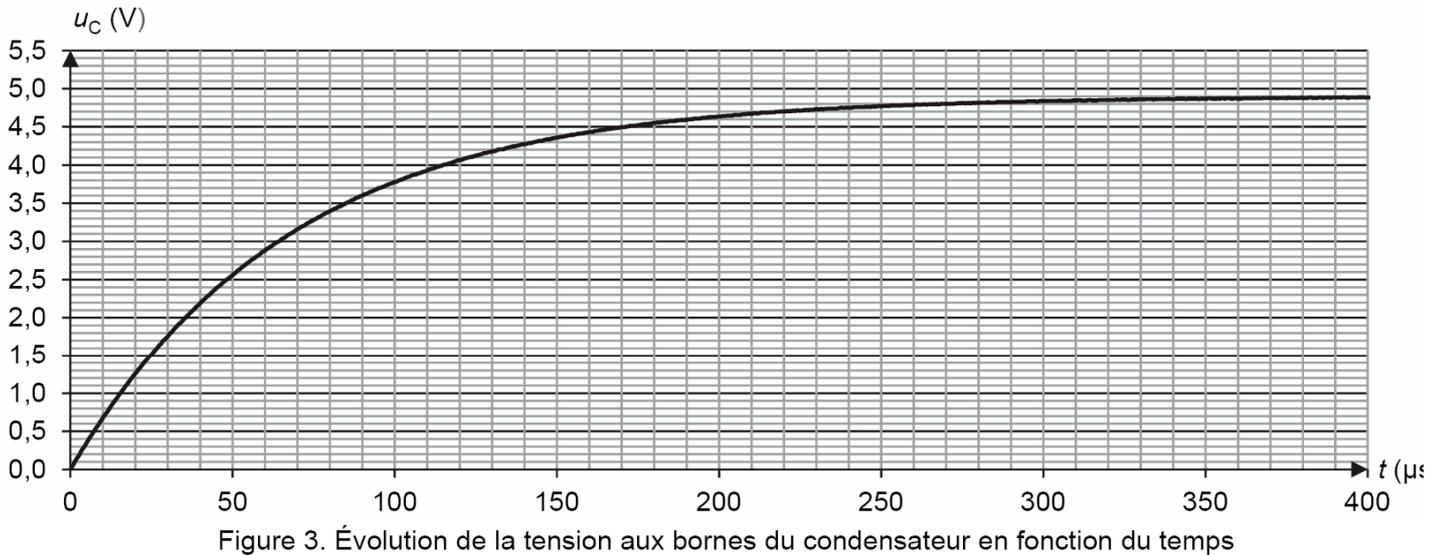


Figure 2. Schéma du montage électrique

On étudie la charge du condensateur à partir de la date $t = 0$, date à laquelle l'interrupteur est fermé. L'évolution temporelle de la tension u_C aux bornes du condensateur est présentée en figure 3.



Q1. Établir l'équation différentielle ci-dessous vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur, où τ est le temps caractéristique dont on donnera l'expression :

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

La solution de cette équation différentielle est : $u_C(t) = A \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ où A est une constante.

Q2. Déterminer l'expression de la constante A .

Q3. Exprimer, en fonction de E , la tension $u_C(\tau)$ aux bornes du condensateur à la date $t = \tau$.

Q4. Exploiter la courbe de la figure 3 et le résultat obtenu à la question **Q3** pour déterminer la valeur de la constante de temps τ du circuit. Expliciter la démarche utilisée.

Q5. En déduire une valeur expérimentale de la capacité C du condensateur.

Des mesures complémentaires répétées ont permis de déterminer une valeur moyenne de la capacité du condensateur : $C = 69,8 \text{ nF}$.

Q6. Déterminer la valeur de l'épaisseur e_{film} du film alimentaire déduite de cette valeur moyenne.

Avec cette méthode, l'incertitude-type sur l'épaisseur du film a pour valeur : $u(e_{\text{film}}) = 1,0 \text{ } \mu\text{m}$.

Q7. Discuter de l'accord du résultat obtenu à la question **Q6** avec la valeur de l'épaisseur de référence du film indiquée dans les données.

Pour expliquer l'écart observé, on peut faire l'hypothèse qu'il existe entre les feuilles d'aluminium, en plus de l'épaisseur du film alimentaire, une fine couche d'air d'épaisseur e_{air} constante. La situation est alors schématisée sur la figure 4 ci-dessous.

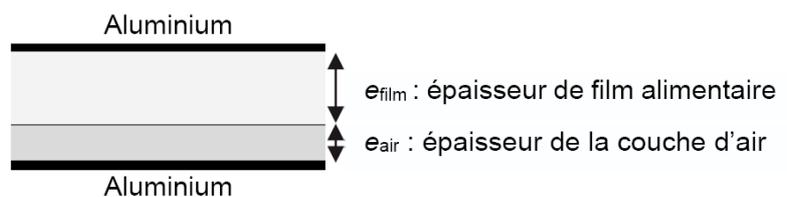


Figure 4. Couche d'air piégée dans le condensateur

On montre que la capacité C' d'un condensateur, dans le cas où le condensateur comprend une épaisseur d'air e_{air} et une épaisseur de film e_{film} , est donnée par la relation :

$$C' = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{\frac{e_{\text{air}}}{\epsilon_{r, \text{air}}} + \frac{e_{\text{film}}}{\epsilon_{r, \text{film}}}}$$

Q8. En envisageant deux cas limites au schéma présenté en figure 4, vérifier que l'expression donnée ci-dessus est compatible avec l'expression littérale de la capacité d'un condensateur précisée dans les données.

Q9. Dans ce modèle, déterminer la valeur d'épaisseur d'air e_{air} en considérant que l'épaisseur du film alimentaire est celle de référence : $e_{\text{film,ref}} = 7,6 \mu\text{m}$. Commenter.

2. Mesure de l'épaisseur du film alimentaire par pesée

Données :

- dimensions du film alimentaire indiquées sur l'emballage : largeur $\ell = 29 \text{ cm}$ et longueur $L = 30 \text{ m}$;
- masse volumique du polymère constituant le film alimentaire : $\rho_{\text{film}} = 1,25 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

Afin d'estimer un ordre de grandeur de l'épaisseur du film alimentaire, on mesure la masse de film d'un rouleau neuf : $m_{\text{film}} = 70,56 \text{ g}$.

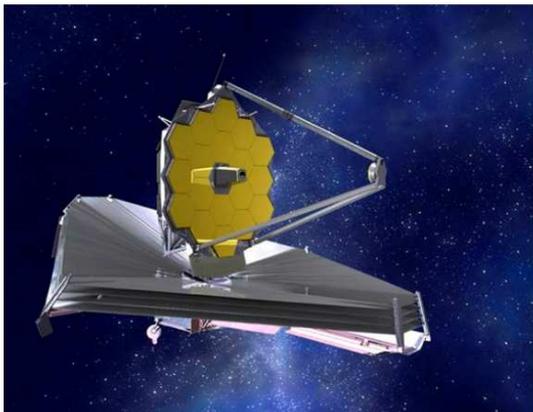
Q10. Calculer l'épaisseur e_{film} du film alimentaire dans le rouleau.

Mouvement du télescope James-Webb dans un champ de gravitation

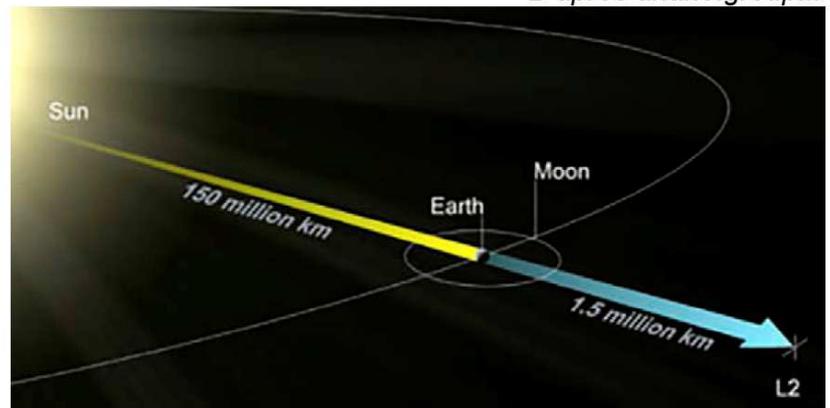
Le télescope spatial James-Webb, lancé par Ariane 5 le 25 décembre 2021, stationne au point de Lagrange L₂ pour effectuer sa mission d'observation de l'espace lointain. L₂ est situé à environ 1,5 million de km de la Terre, soit à 1 % seulement de la distance Soleil-Terre. C'est un bon emplacement pour un observatoire de l'espace lointain comme l'est James-Webb.

L₂ est l'un des cinq points remarquables du système Soleil-Terre. Tout objet de faible masse qui s'y trouve garde sa position relative par rapport à la Terre et au Soleil en dehors de toute perturbation. Cet alignement assure au télescope de demeurer dans l'ombre portée de la Terre et donc à l'abri du rayonnement thermique du Soleil.

D'après ariane.group.fr



Télescope James-Webb



Position du point L₂ par rapport à la Terre et au Soleil

Données :

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$

Masse du Soleil : $M_S = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Masse de James-Webb : $m = 6 \times 10^3 \text{ kg}$

Distance moyenne Soleil James-Webb : $D = 1,51 \times 10^{11} \text{ m}$

Distance moyenne Terre James-Webb : $d = 1,50 \times 10^9 \text{ m}$

Durée d'une année terrestre : 365,24 jours

On étudie le système {télescope James-Webb}, représenté par le point J, dans le référentiel héliocentrique supposé galiléen. Il subit simultanément l'interaction gravitationnelle du Soleil et celle de la Terre. Son mouvement est considéré ici comme circulaire, comme l'est celui de la Terre.

1. Positionner, sans souci d'échelle, sur le schéma du **DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la base de Frenet au point L₂ ainsi que les forces gravitationnelles exercées par le Soleil S sur J, $\vec{F}_{S/J}$, et par la Terre T sur J, $\vec{F}_{T/J}$

2. À partir de la deuxième loi de Newton, montrer que dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement de J est uniforme.

3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse v de J dans le référentiel héliocentrique

$$\text{est : } v = \sqrt{D \times G \times \left(\frac{M_T}{d^2} + \frac{M_S}{D^2} \right)}.$$

La valeur v de la vitesse du télescope est d'environ $30 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ (proche de celle de la Terre).

4. Établir l'expression de la période de révolution T du télescope spatial James-Webb en fonction de D et v .

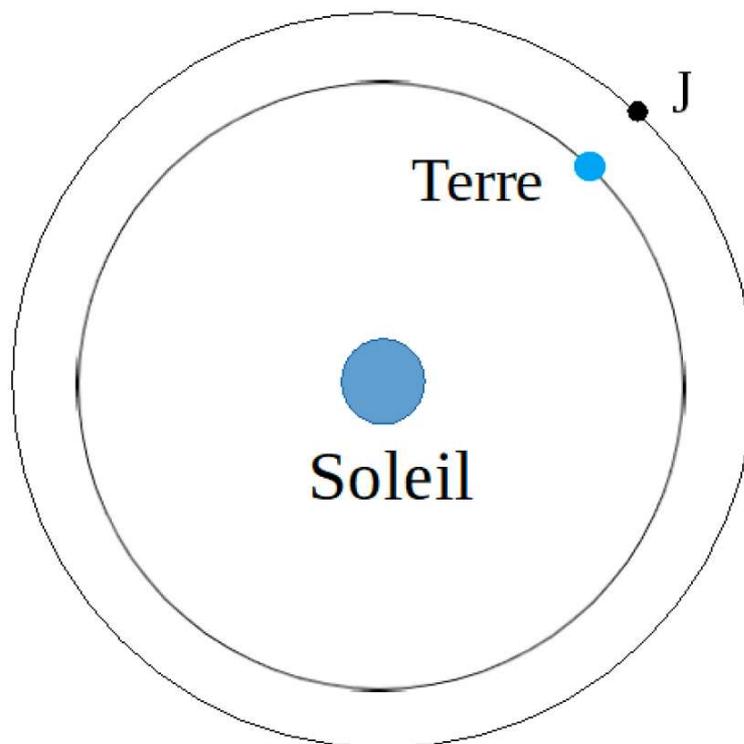
5. Calculer la période de révolution T du télescope, exprimée en jours. Conclure en commentant « l'alignement » du télescope.

DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

– Mouvement du télescope James-Webb dans un champ de gravitation

Question 1.

Schéma de l'orbite de la Terre et de J (en L_2) autour du Soleil (l'échelle n'est pas respectée).



1iere partie
QCM

Fiche réponse devoir de vacances NOM :

Exercice	a	b	c	d
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

8-	a	b	c	d
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				