

Devoir de vacances de entrée en SUP. 1iere partie : QCM

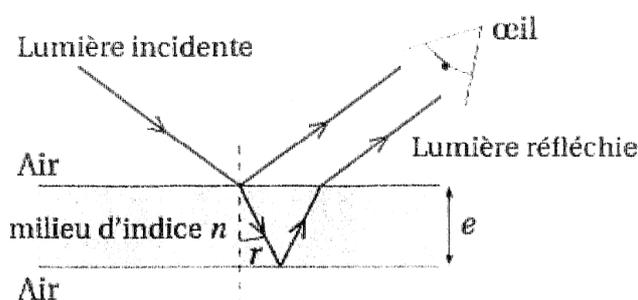
Chaque exercice comporte 4 affirmations repérées par les lettres a, b, c, d. Vous devez indiquer, dans le tableau de la fiche réponse, pour chacune d'elles, si elle est vraie (V) ou fausse (F). Toute réponse exacte rapporte un point. Toute réponse inexacte entraîne le retrait d'un point. Pas de réponse = 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 $e = 160 \text{ nm}$.

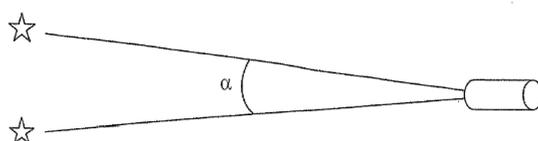
d) Avec un film d'épaisseur $e = 160 \text{ nm}$ et un rayon incident vert, l'intensité réfléchiée est maximum pour un angle de réfraction inférieur à 42° .

2- Résolution d'un télescope.

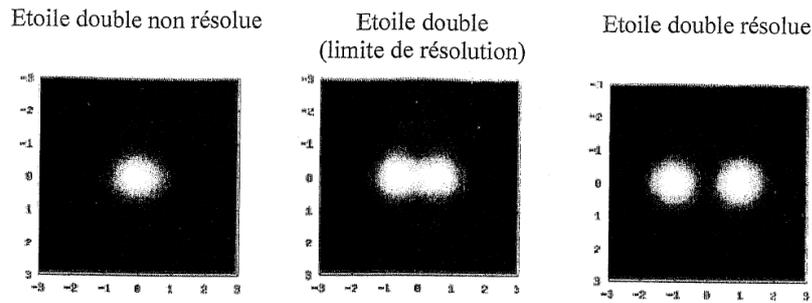
Au lieu de voir des étoiles ponctuelles à travers un télescope, on voit des taches. La diffraction brouille les images astronomiques. Pour un diamètre donné d'un télescope, tous les détails ne seront pas visibles. Si les plus gros détails pourront être vus, les plus fins seront flous et donc non visibles 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/>

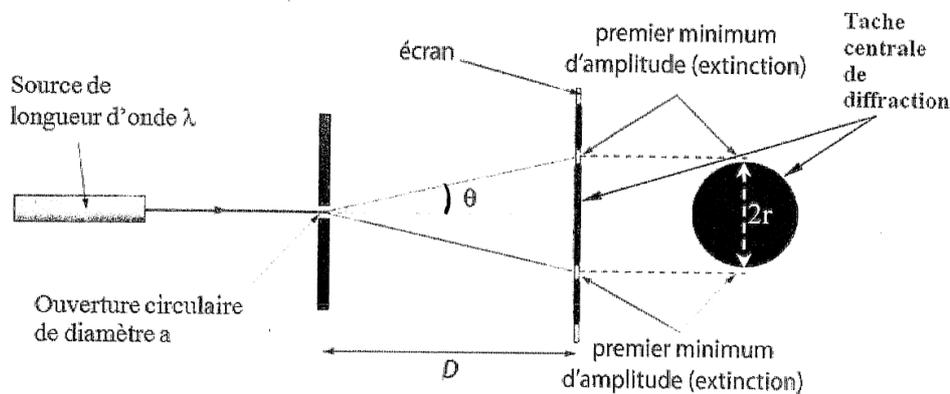
On appelle résolution l'angle limite α entre les lignes de visées de deux étoiles ponctuelles pour lequel on peut distinguer les deux étoiles (voir schéma).



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 $\frac{3}{2}$.

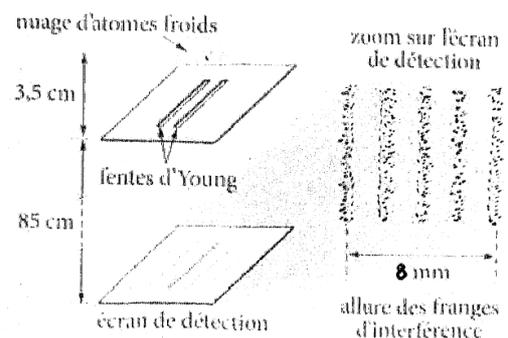
3- Interférences atomiques

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

Rechercher l'expression de la longueur d'onde de De Broglie et à quoi elle correspond.

Données : Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;

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

4-

Feux d'artifice

La pyrotechnie, du grec « pyros » feu et « techhnè » 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 $V_0 = 50,0 \text{ m.s}^{-1}$. 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.

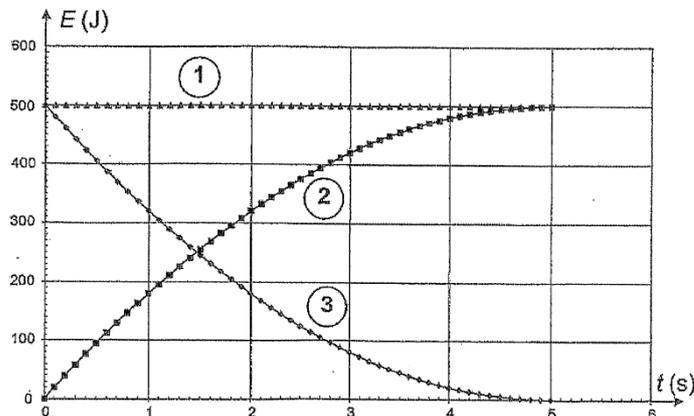
On prend l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au point O .

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.

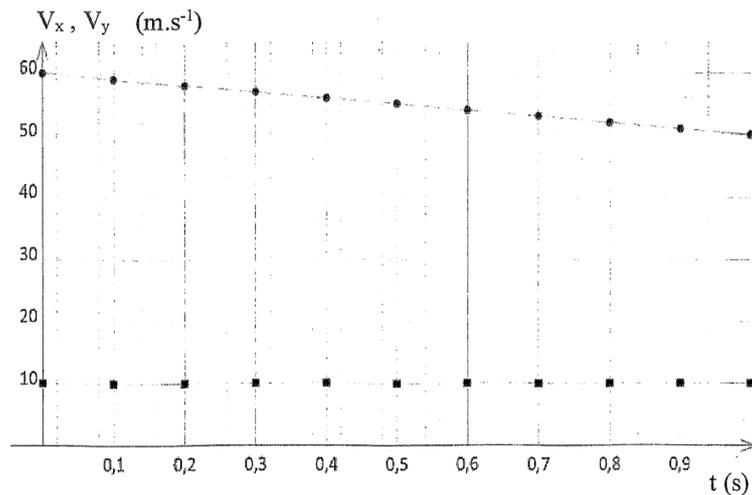
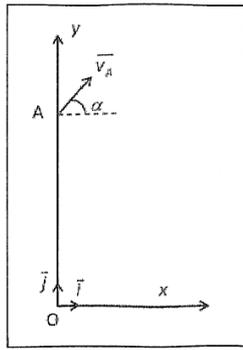
Les courbes du **document n°2**, représentent l'évolution temporelle des composantes V_x et V_y du vecteur vitesse \vec{v} d'une « étoile ». On néglige les actions mécaniques liées à l'air (poussée d'Archimède et force de frottements).

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

Document n°1 :



Document n°2 :

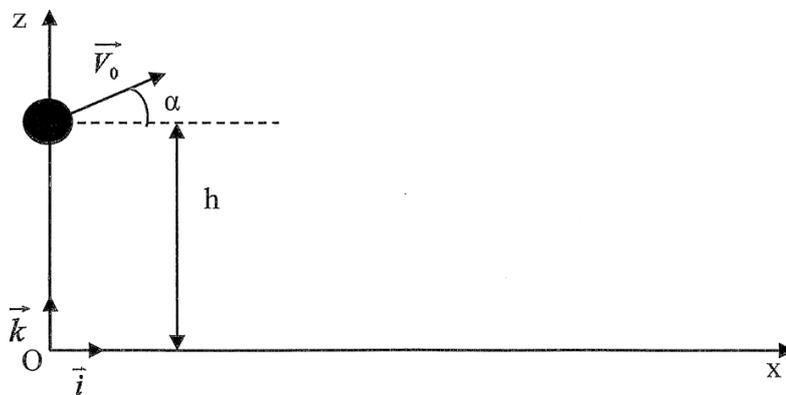


- L'évolution de l'énergie potentielle de pesanteur de la fusée est représentée sur la courbe n°2 du document 1.
- La fusée explose 1,5 s environ après son décollage.
- La fusée atteint son apogée à 100 m du sol.
- La vitesse V_A d'une étoile lors de l'explosion a une valeur supérieure à 180 km.h^{-1}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

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 : $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$;

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

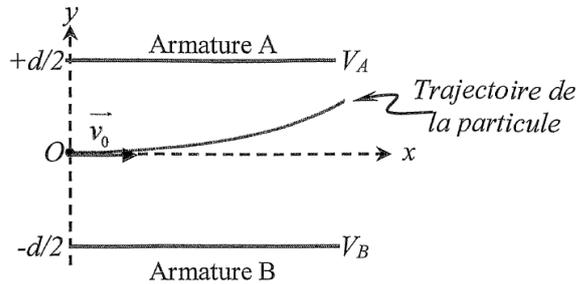
- L'équation de la trajectoire est : $z = \frac{g}{2V_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} \cdot x^2 + x \cdot \tan(\alpha) + h$.
- Pour $\alpha = 45^\circ$, l'équation de la trajectoire s'écrit : $z = -\frac{g}{V_0^2} x^2 + x + h$.
- Pour $\alpha = 45^\circ$, l'équation horaire sur la vitesse suivant Oz s'écrit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

6-

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 : $|q| = e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

- a) La distance d séparant les deux armatures est de 20 cm.
- b) L'intensité de la force électrostatique est de $8,0 \times 10^{-14} \text{ N}$.
- c) 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 $y(x) = \frac{eE}{mv_0^2} x^2$.

7-

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 m pour une base de 3,1 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 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 : $g_0 = \frac{G.M_T}{R_T^2}$;

$7,1 \times 1,014 \approx 7,2$; $\frac{22,3}{\pi} \approx 7,1$; $446 \approx 74 \times 6$.

- 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 ou b-renversée

Fiche réponse devoir de vacances NOM :

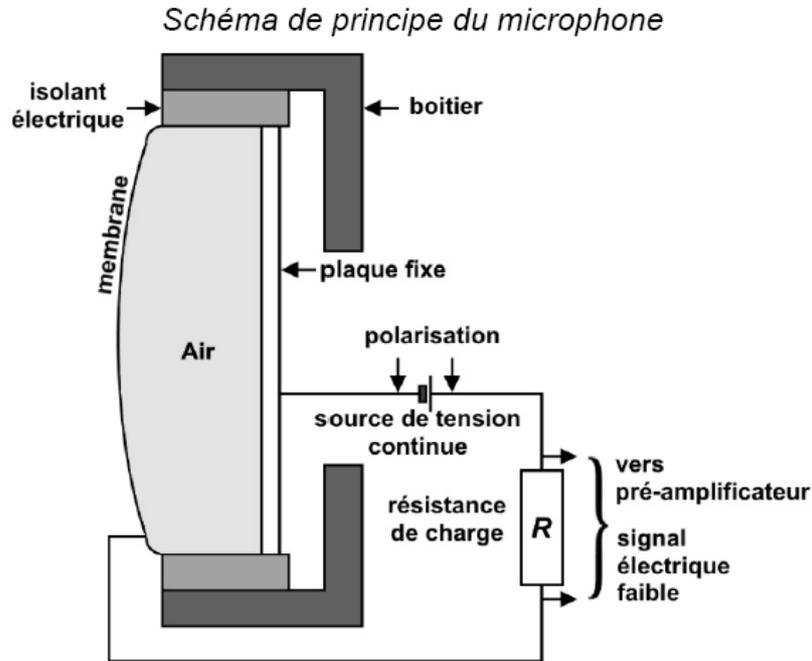
| Exercice | a | b | c | d |
|----------|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |

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

2eme partie : Problèmes :

I-A-Microphone :

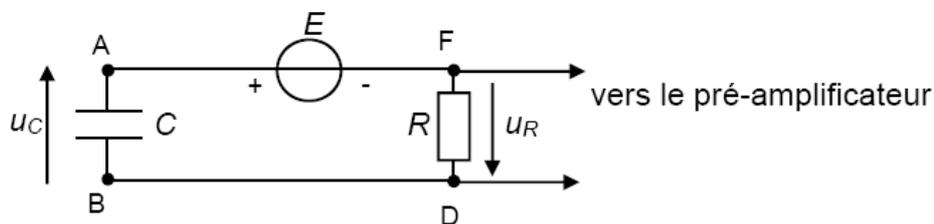
Un microphone utilisé lors de la compétition est un transducteur électroacoustique. Il permet de convertir un signal acoustique en un signal électrique.



Le condensateur présent dans le microphone est formé de deux armatures ; la première est constituée d'une membrane mobile en plastique recouverte d'une fine pellicule métallique, la seconde est constituée d'une plaque métallique fixe. Lorsque le microphone ne capte pas de son, la distance entre les deux armatures est de l'ordre de 15 à 25 μm .

En outre, pour fonctionner, le condensateur doit être chargé ; on insère donc une source de tension continue qui n'a pas d'effet sur le signal électrique de sortie envoyé vers le pré-amplificateur.

On modélise alors le microphone par le circuit électrique suivant :



Tension continue délivrée par la source idéale : $E = 48 \text{ V}$

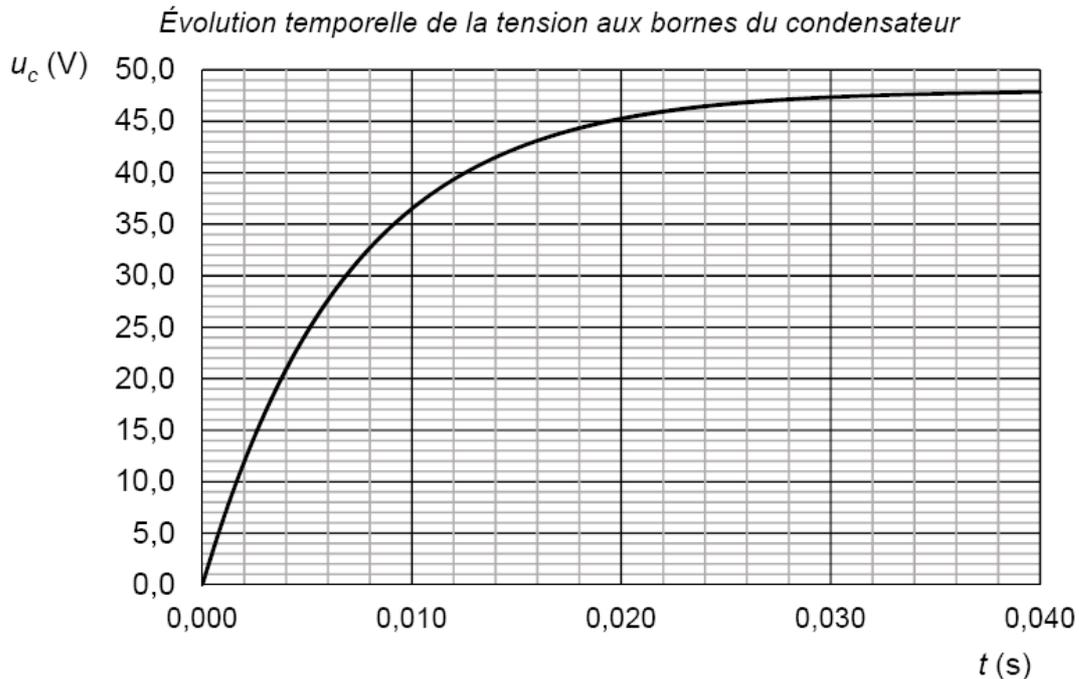
Résistance du conducteur ohmique de charge : $R = 100 \times 10^6 \Omega$

Capacité du condensateur : C

Pour fonctionner, le condensateur doit rester chargé. On étudie la phase de charge, le microphone ne captant pas de son.

- .1. Établir la relation entre la tension E aux bornes de la source de tension idéale, la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur et la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.
- .2. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ lors de la charge est de la forme : $E = R \times C \times \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t)$.

Grâce à un dispositif approprié, on mesure la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur lors de sa charge. On obtient la courbe suivante.



Cette courbe peut être modélisée par une des trois fonctions mathématiques proposées ci-dessous :

Fonction 1 : $u_c(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{R \times C}})$

Fonction 2 : $u_c(t) = E \times e^{-\frac{t}{R \times C}}$

Fonction 3 : $u_c(t) = E \times (1 - e^{-\frac{t}{R \times C}})$

- .3. En exploitant la courbe, indiquer par un raisonnement argumenté la fonction qui modélise la charge du condensateur.
- .4. Vérifier que la fonction retenue est solution de l'équation différentielle établie à la question 2.

La capacité C d'un condensateur plan constitué de deux armatures métalliques de surface S en regard l'une de l'autre, séparées d'une distance d , est donnée par la relation $C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$ avec ε la permittivité de l'air entre les deux armatures du condensateur. Pour le microphone étudié, le produit de la permittivité de l'air par la surface est : $\varepsilon \cdot S = 1,4 \times 10^{-15} \text{ F} \cdot \text{m}$.

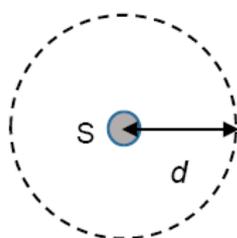
- .5. En exploitant la courbe et en explicitant le raisonnement, déterminer la valeur de la distance d séparant les deux armatures quand le microphone fonctionne mais qu'il ne capte pas de son.

Sous l'effet des ondes sonores émises par l'animateur, la membrane se déplace en entraînant une modification de la distance entre les deux armatures du condensateur. La tension de sortie envoyée vers le pré-amplificateur est alors l'image des ondes sonores captées par le microphone.

- .6. Justifier par un raisonnement détaillé l'évolution de la capacité du condensateur lorsque la distance séparant les deux armatures diminue.

B- L'enceinte

Une source S , émettant des ondes sonores de puissance P , est isotrope si elle émet la même quantité d'énergie dans toutes les directions. L'intensité sonore mesurée, notée I , dépend alors de la distance d à la source selon la relation : $I = \frac{P}{4\pi \cdot d^2}$ avec I en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; P en W et d en m .



Le niveau d'intensité sonore, noté L , est lié à l'intensité sonore par la relation :

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ avec } L \text{ exprimé en dB, } I \text{ en } \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ et } I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}.$$

Le microphone est relié, par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance, à une enceinte.

L'intensité sonore mesurée à 1,0 m devant l'enceinte vaut : $I_1 = 3,2 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

1. Calculer le niveau d'intensité sonore L_1 correspondant à l'intensité sonore I_1 .

La législation européenne indique les durées limites d'exposition journalière à ne pas dépasser à certains niveaux d'intensité sonore pour ne pas engendrer des traumatismes irréversibles :

| | | | | | |
|---------------------------|----------|-------------|-------------|------------|------------|
| L (dB) | 86 | 92 | 95 | 101 | 107 |
| Durée limite d'exposition | 2 h/jour | 30 min/jour | 15 min/jour | 4 min/jour | 1 min/jour |

- .2. Commenter le résultat de la question C.1. au regard de ces durées limites d'exposition journalière.
- .3. Montrer que la puissance P de l'enceinte est égale à $4,0 \times 10^{-2}$ W.

Les organisateurs de la manifestation sportive, d'une durée de 2 h, ont fixé à $2,0 \times 10^{-4}$ W·m⁻² la valeur maximale de l'intensité sonore perçue par les spectateurs.

- .4. Expliquer le choix des organisateurs de fixer à $2,0 \times 10^{-4}$ W·m⁻² la valeur maximale de l'intensité sonore perçue par les spectateurs.

Des barrières de sécurité entourent l'enceinte à 3,0 m de celle-ci, pour éviter que les spectateurs en soient trop proches.

- .5. Indiquer, par un raisonnement quantitatif, si la distance de sécurité entre les barrières et l'enceinte est suffisante pour respecter la valeur maximale de $2,0 \times 10^{-4}$ W·m⁻² choisie par les organisateurs.

II-Panneaux Photovoltaïques

Durant la mission, les panneaux photovoltaïques de la sonde *PSP* servent à fournir l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement des instruments de mesure embarqués. Ils permettent d'obtenir une puissance électrique utile $P_{el} = 340 \text{ W}$.

En 2025, au plus près du Soleil, ils devront être refroidis. Une puissance thermique P_{th} devra alors être évacuée grâce à de l'eau sous pression circulant entre les panneaux photovoltaïques et des radiateurs (**figure 4**). Lorsque le bouclier sera parfaitement orienté vers le Soleil, la puissance thermique à évacuer P_{th} sera 13 fois supérieure à la puissance électrique utile ; une erreur d'inclinaison du bouclier thermique de 1° entrainera une puissance thermique supplémentaire à dissiper de 35%.

Dans les questions suivantes, on se place dans le cas critique d'une erreur de 1° d'inclinaison du bouclier thermique.

Données :

- Masse volumique de l'eau liquide dans les conditions de pression et de température de la sonde *PSP* : $\rho_{eau} = 0,958 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Durée du passage à proximité du Soleil : $\Delta t = 110 \text{ h}$
- Pression de l'eau dans le circuit : 5 bar
- Température d'ébullition de l'eau sous 5,0 bar : $T_{éb} = 150^\circ\text{C}$
- Capacité thermique massique de l'eau : $C_{eau} = 4185 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

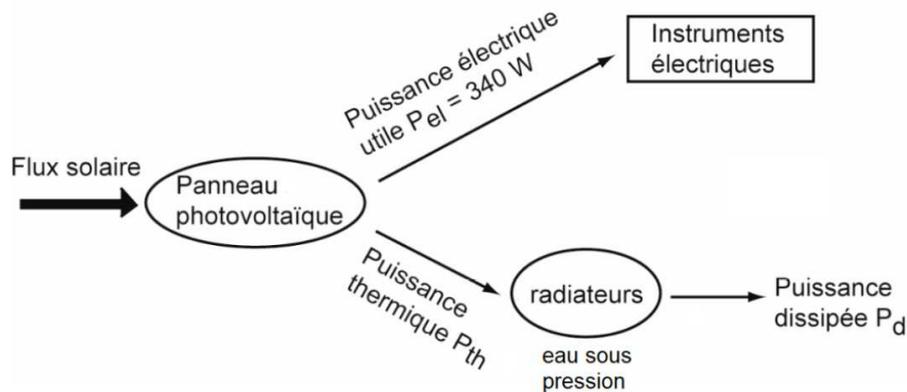


figure 4 – Diagramme énergétique de l'alimentation électrique de la sonde *PSP*

4. Sachant que les radiateurs peuvent dissiper une puissance maximale $P_{d,max} = 6000 \text{ W}$, montrer que ces radiateurs peuvent effectivement dissiper la puissance thermique cédée par les panneaux photovoltaïques à l'eau sous pression.

Pendant la durée Δt du passage à proximité du Soleil, l'équivalent d'un volume d'eau $V_{eau} = 7570 \text{ L}$ va circuler pour refroidir les panneaux solaires. La température de ce volume d'eau va passer de la valeur $T_{min} = 50^\circ\text{C}$ à une valeur maximale T_{max} que l'on cherche à déterminer.

On considère ici que la puissance thermique reçue par ce volume d'eau est $P_{th,max} = 6000 \text{ W}$.

5. Donner l'expression de l'énergie thermique Q_R reçue par l'eau en fonction de $P_{th,max}$ et Δt .
6. En supposant que l'élévation de température du volume total d'eau est uniquement due aux panneaux solaires, déterminer la température T_{max} atteinte et déterminer si le système de refroidissement risque ou non l'explosion.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à exposer sa démarche même si elle n'est pas complètement aboutie.

Le bouclier thermique

La sonde *PSP* est protégée des rayonnements solaires par un bouclier thermique de surface S_b 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**).

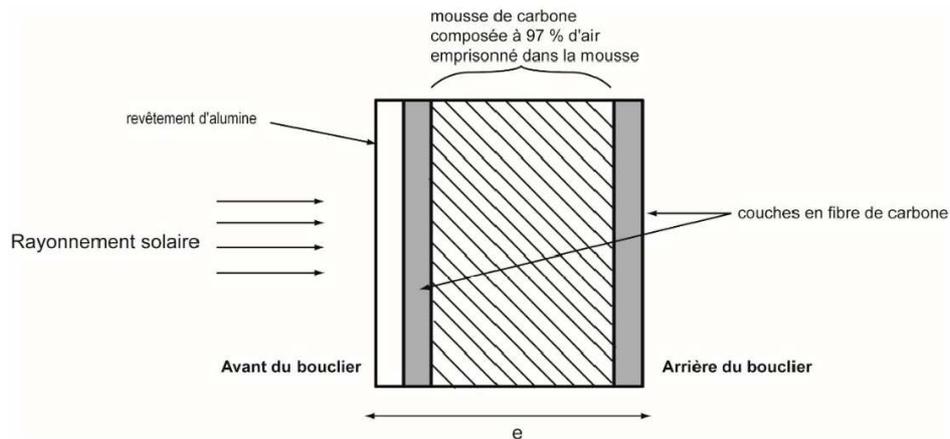


figure 5 – Schéma simplifié du bouclier thermique vu en coupe

Soumis à l'intense rayonnement du Soleil, la température à l'avant du bouclier atteint une valeur $T_{av} = 1700$ K et rayonne un flux thermique surfacique important φ_{av} . Par ailleurs, un flux thermique surfacique $\varphi_{ar} = 1,55 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ traverse la surface S_b 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.

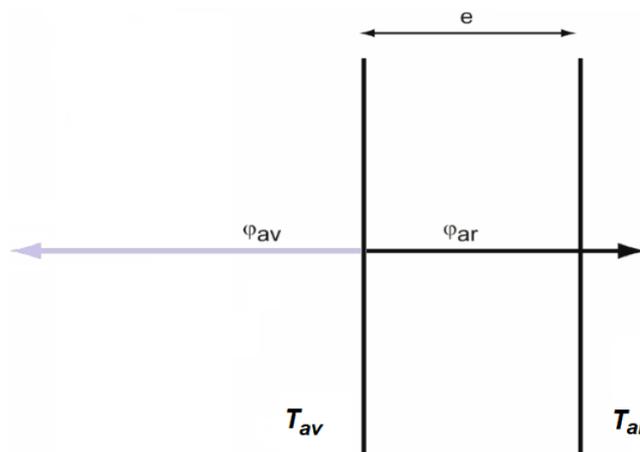


figure 6 – Flux thermiques au niveau du bouclier thermique

Données :

- Conductivités thermiques de quelques matériaux :

| Matériau | Mousse de carbone | Alumine | Métaux | PVC |
|--|-------------------|---------|----------|------|
| Conductivité thermique ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) | 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 : $\lambda = 0,140 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

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

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

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

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

7. Caractériser le mode de transfert thermique entre le Soleil et la sonde *PSP*.
8. Justifier l'utilisation de la mousse de carbone à l'intérieur du bouclier thermique.
9. Déterminer la valeur du flux thermique total vers l'arrière Φ .
10. 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