Epreuve écrite de sélection pour les élèves de Terminale
IPHO 2015

Durée de l'épreuve : 3 heures

Les calculatrices sont autorisées.

L'épreuve comporte un QCM et trois exercices . Il est conseillé aux candidats d'accorder une heure pour le QCM et deux heures pour les exercices.

La présence de schémas est encouragée.

IMPORTANT : Chaque feuille devra comporter le nom, le prénom et le lycée du candidat. Tout oubli pourra entraîner l'absence de correction de la feuille concernée.

Données générales à l'ensemble de l'épreuve

Nom	Symbole	Valeur
Célérité de la lumière dans le vide	c (ou c_0)	299 792 458 $m \cdot s^{-1}$
Constante de Planck	h	$6{,}626 \times 10^{-34}$ J.s
Charge élémentaire	e	$1{,}602 \times 10^{-19}$ A·s
Perméabilité magnétique du vide	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ $H \cdot m^{-1}$
Permittivité diélectrique du vide	ε_0	$8{,}854 \times 10^{-12}$ $F.m^{-1}$
Constante gravitationnelle	G	$6{,}675 \times 10^{-11}$ $m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$
Accélération normale de la pesanteur à la surface de la Terre	g_0	9,81 $m \cdot s^{-2}$
Température du point triple de l'eau	T_0	273,16 K
Pression standard de l'atmosphère	*1 atm*	101 325 Pa
Constante d'Avogadro	N_A	$6{,}022 \times 10^{23}$ mol^{-1}
Masse du proton	m_p	$1{,}673 \times 10^{-27}$ kg
Masse de l'électron	m_e	$9{,}109 \times 10^{-31}$ kg
Constante de Boltzmann	k *ou* k_B	$1{,}381 \times 10^{-23}$ $J \cdot K^{-1}$
Constante des gaz parfaits	R *ou* R_0	8,314 $J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
Distance Terre-Soleil	d_{TS}	$1{,}499 \times 10^{8}$ km
Masse du Soleil	M_S	$1{,}989 \times 10^{30}$ kg
Rayon de la Terre	R_T	6 400 km
Masse de la Terre	M_T	$5{,}974 \times 10^{24}$ kg
Masse volumique de l'air	ρ_a	1,225 kg m^{-3} aux conditions usuelles de température et de pression
Masse molaire de l'air	M	28,96 g mol^{-1}
Masse volumique de l'eau	ρ_e	998,2 kg m^{-3} aux conditions usuelles de température et de pression

QCM (Terminale)
IPHO 2015

Nom : Prénom :
Établissement : Téléphone :

Épreuve écrite de sélection – IPhO 2015 – Questionnaire à choix multiples (TS)

Pour chaque question, les candidats entoureront la réponse de leur choix. Il n'y a qu'une réponse correcte par question.

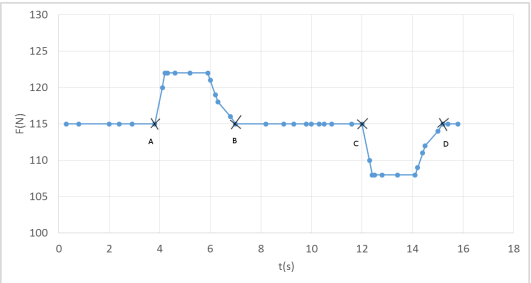
Q1. Le carbone 14 est formé par les rayons cosmiques qui viennent bombarder le CO_2 de l'atmosphère. L'isotope ${}^{14}_{6}C$ a un temps de demi-vie de 5730 années. Durant toute la durée de sa vie, une plante l'absorbe. Une fois qu'elle meurt, la quantité de ${}^{14}C$ décroit. Quel est environ l'âge d'un morceau de bois contenant une quantité de ${}^{14}C$ égale à seulement 9% de celle d'une plante vivante ?

(a) 20 ans
(b) 500 ans
(c) 20 000 ans
(d) 50 000 ans

Q2. Le Soleil irradie dans toutes les directions. Au niveau de la Terre, le Soleil irradie avec une puissance surfacique de $1,4$ kW/m^2. La distance Terre-Soleil est de $1,5 \times 10^{11}$ m. Quel est l'ordre de grandeur de la masse ainsi perdue par le Soleil en une journée ?

(a) 10^{14} kg
(b) 10^{9} kg
(c) 10^{4} kg
(d) 10^{22} kg

On place le capteur de force du plateau d'une console de jeu dans un ascenseur. Le plateau est posé sur le sol et l'on dépose un objet de masse m sur le plateau. Initialement, l'ascenseur est à l'arrêt. A $t = 0$ s, on appuie sur le bouton d'appel dans la cabine de l'ascenseur. On enregistre la force mesurée en fonction du temps. La figure suivante représente les résultats en fonction du temps et sera utile pour les 3 questions suivantes.



Q3. A quel instant démarre effectivement l'ascenseur ?

(a) 3,8 s
(b) 7 s
(c) 12 s
(d) 13,6 s

Q4. Quelle est la masse de l'objet ?

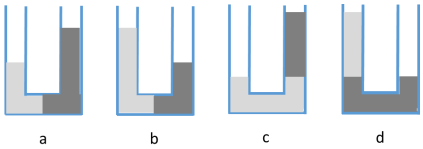
(a) 10,2 kg
(b) 10,9 kg
(c) 11,7 kg
(d) 12,4 kg

Nom : Prénom :
Établissement : Téléphone :

Q5. Quelle est la phase de décélération ?

(a) $[OA]$
(b) $[AB]$
(c) $[BC]$
(d) $[CD]$

Q6. On verse dans chaque branche d'un tube en U une masse égale d'eau et d'huile. La masse volumique de l'huile vaut 2/3 de celle de l'eau. L'eau et l'huile ne se mélangent pas. L'eau reste à gauche (gris clair) et l'huile reste à droite (gris foncé).

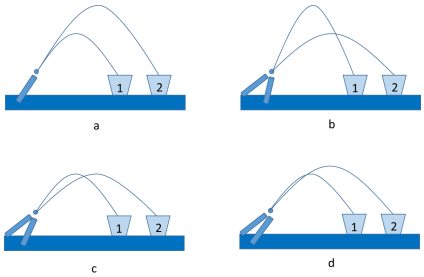


Quelle est la situation correspondante ?

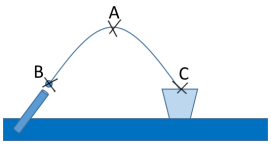
(a) figure a
(b) figure b
(c) figure c
(d) figure d

On envoie deux petites billes à l'aide de deux sarbacanes avec une vitesse initiale identique (norme du vecteur vitesse identique). On néglige la résistance de l'air.

Q7. Quel schéma est correct ?



(a) a
(b) b
(c) c
(d) d



Q8. On décompose le vecteur vitesse initiale en une composante verticale et une composante horizontale. Quelle affirmation est fausse ?

(a) La hauteur maximale atteinte par la bille dépend de la composante verticale de la vitesse initiale
(b) la durée pour atteindre le seau dépend de la hauteur maximale atteinte
(c) la durée pour atteindre le seau dépend de la vitesse initiale
(d) la composante horizontale de la vitesse est nulle au point C

Nom : Prénom :
Établissement : Téléphone :

Q9. La position C est celle de la bille juste avant d'arriver dans le seau. Quelle affirmation est vraie ?

(a) La vitesse en C est plus faible que celle en A et l'accélération est identique en ces deux points

(b) la vitesse en C est plus forte que celle en A et l'accélération est identique en ces deux points

(c) La vitesse en C est plus faible que celle en A et l'accélération est plus importante en B qu'en A

(d) La vitesse en C est plus forte que celle en A et l'accélération est plus importante en B qu'en A

Q10. Un bloc d'aluminium solide, de masse volumique $\rho = 2700$ kg.m^{-3} a un poids apparent dans l'air de 0,91 N et de 0,61 N dans une huile donnée. Quelle est la masse volumique de l'huile utilisée ?

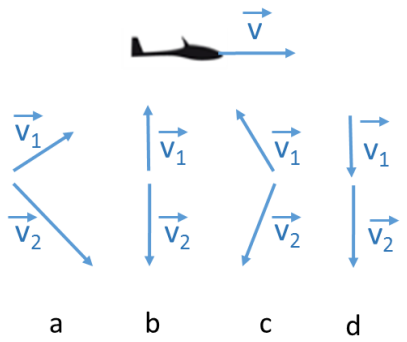
(a) 500 kg.m^{-3}

(b) 900 kg.m^{-3}

(c) 1800 kg.m^{-3}

(d) 4050 kg.m^{-3}

Q11. On lance un petit planeur avec un pétard qui explose en vol. La maquette se sépare alors en deux parties. Initialement, la vitesse du planeur est de v. Quelles sont les valeurs possibles de la vitesse des deux parties après l'explosion ?



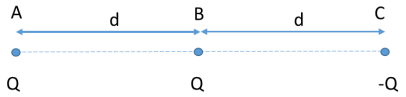
(a) a

(b) b

(c) c

(d) d

Q12. On place en A, B, C trois charges électriques, respectivement de Q, Q et $-Q$. On note F_A, F_B, F_C la force totale ressentie par chacune des charges. Quelle affirmation est exacte ?



(a) $|F_A| = |F_B| = |F_C|$

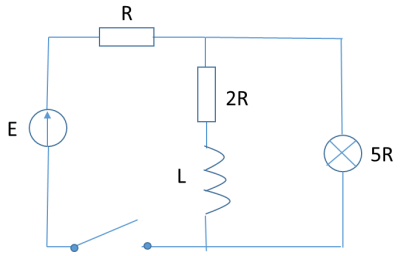
(b) $|F_C| > |F_A| > |F_B|$

(c) $|F_B| > |F_A| > |F_C|$

(d) $|F_B| > |F_C| > |F_A|$

Nom : Prénom :
Établissement : Téléphone :

Q13. On considère le montage électrique suivant où la lampe est équivalente électriquement à une résistance de valeur $5R$. Déterminer l'expression du courant dans la lampe à $t = 0+$, juste après la fermeture de K.



(a) $\frac{E}{6R}$
(b) $\frac{E}{8R}$
(c) $\frac{E}{3R}$
(d) $\frac{E}{7R}$

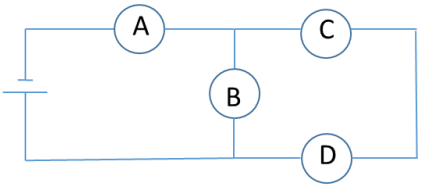
Q14. A quoi est homogène $\frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$?

(a) une énergie
(b) une quantité de mouvement
(c) une longueur
(d) un temps

Q15. Deux jumeaux ont 30 ans quand l'un décide de partir dans un vaisseau spatial à vitesse constante. Chacun dispose d'une horloge pour mesurer le temps. Quand il revient sur Terre, il dit qu'il a 35 ans, tandis que son jumeau dit qu'il a 45 ans. Quelle est la vitesse du vaisseau spatial (on la supposera constante en module tout au long du voyage) ?

(a) $1,0 \times 10^8$ m/s
(b) $9,0 \times 10^8$ m/s
(c) $2,1 \times 10^8$ m/s
(d) $2,8 \times 10^8$ m/s

Q16. Quatre ampoules identiques notées A, B, C, D sont placées dans le circuit électrique représenté sur le schéma suivant. Le circuit est alimenté par un générateur idéal, dont on néglige la résistance interne. Quelle ampoule brille le plus ?



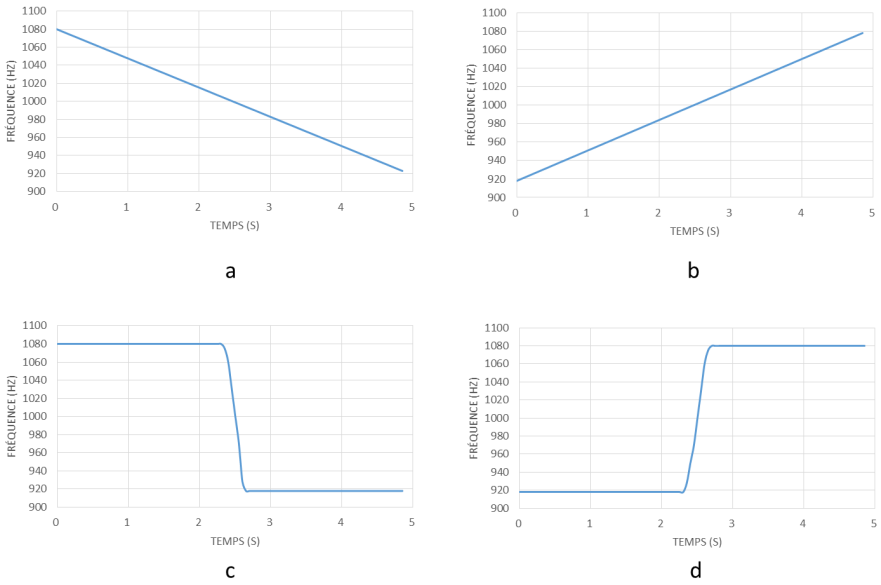
(a) A
(b) B
(c) C
(d) D

Q17. Un chef d'orchestre est situé entre deux instruments qui doivent produire un La_3 (f = 440Hz). Le premier musicien joue un la de fréquence $f_1 = 439$ Hz et le deuxième $f_2 = 443$ Hz. Quelle est la fréquence des battements que le chef d'orchestre entend ?

(a) 441 Hz
(b) 2 Hz
(c) 1,5 Hz
(d) 4 Hz

Nom : Prénom :
Établissement : Téléphone :

Q18. Une ambulance file à vive allure en ville à vitesse constante. Un piéton qui se trouve sur le bord du trottoir entend l'ambulance passer. Quel graphique représente le mieux l'évolution de la fréquence que le piéton entend en fonction du temps quand l'ambulance l'approche et le dépasse ?

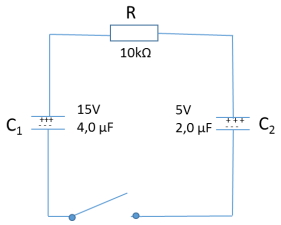


(a) a
(b) b
(c) c
(d) d

Q19. A quoi est homogène $\frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$, où h est la constante de Planck ?

(a) une énergie
(b) une quantité de mouvement
(c) une longueur
(d) un temps

Q20. On branche deux condensateurs C_1 et C_2 aux bornes de deux piles de tension respective $V_1 = 15$ V et $V_2 = 5$ V. On les connecte ensuite comme sur la schéma électrique suivant. On ferme l'interrupteur et l'on attend le régime permanent. Quel est le rapport entre l'énergie E_1 emmagasinée par le condensateur 1 et l'énergie E_2 emmagasinée par le condensateur 2 ?



(a) $\frac{E_1}{E_2} = 2$
(b) $\frac{E_1}{E_2} = 1/2$
(c) $\frac{E_1}{E_2} = 3$
(d) $\frac{E_1}{E_2} = 1/3$

Exercices (Terminale)
IPHO 2015

Exercice 1 - Caléfaction

Dans cet exercice d'investigation, il convient d'indiquer toutes vos pistes de recherche, toutes vos idées, même si elles ne devaient pas aboutir.

Lorsque l'on place des gouttes d'eau sur une plaque chauffante portée à haute température ($T \simeq 300$°C) on constate qu'elles se déplacent sur la plaque sans frottement.

Pour mesurer la distance e, on utilise un faisceau laser (voir partie 2). En effectuant l'expérience, sans goutte, on observe déja un effet de l'air chaud sur le faisceau laser : c'est l'objet de la partie 1.

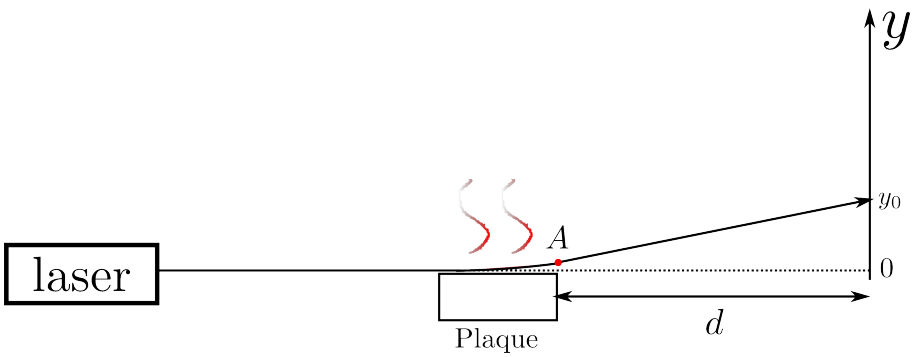
1 Température de l'air sur la plaque

Le faisceau laser arrive en rasant la plaque, il ressort de la zone chauffée en ayant été dévié.

En utilisant les documents ci-dessous, estimer la température de l'air au dessus de la plaque au point A repéré sur le dessin.

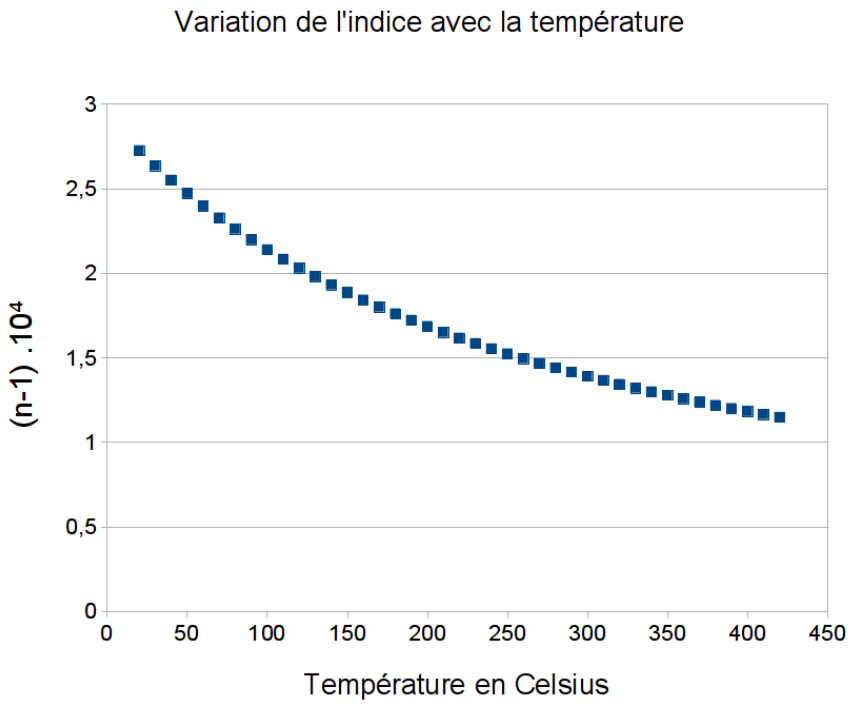
Document 1 : Expérience 1 : Déviation d'un laser

Un laser vert de longueur d'onde $\lambda = 580$ nm arrive parallèlement à la plaque en rasant sa surface.
Sans chauffage, Il atteint l'écran en $y = 0$. La distance entre la sortie de la plaque et l'écran vaut $d = 2.0$ m.
Lorsque la plaque est chauffée , l'air au dessus peut être considéré comme un milieu stratifié (voir document 3) et le trajet du rayon est dévié. Il touche alors l'écran en $y_0 = 18$ mm, comme l'illustre le schéma ci-dessous. La partie $y < 0$ est coupée par une table non représentée.
La température de l'air juste au dessus de la plaque est 300°C .



Document 2 : Variation de l'indice de l'air avec la température

L'indice de l'air est légèrement différent de 1, il vaut à température ambiante $n \simeq 1,00027$ pour $\lambda = 580$ nm.
La courbe suivante donne la variation de l'indice de l'air en fonction de la température.
Comme n est très proche de 1, on a représenté $(n-1) \times 10^4$ (source : Handbook of Chemistry and Physics).

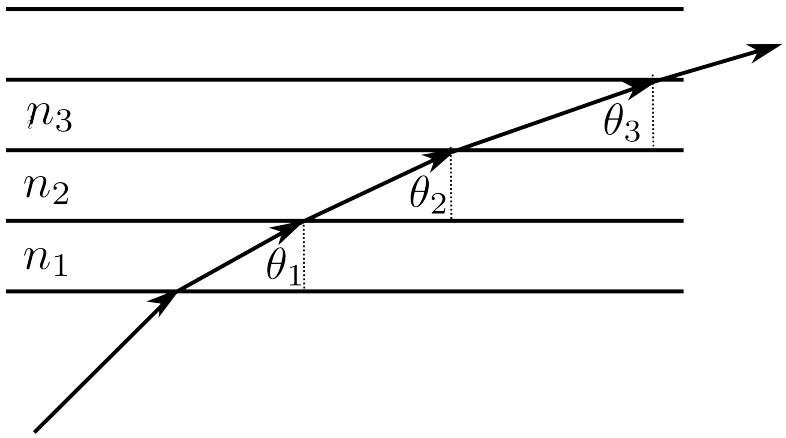


Document 3 : Loi de Descartes dans un milieu stratifié

Dans un milieu stratifié, l'indice optique varie lorsque l'on change de strate.
Un rayon lumineux va traverser chaque strate avec un angle différent. La loi de Descartes de la réfraction va pouvoir s'appliquer à chaque changement de strate, ainsi la quantité

$$n_i \sin \theta_i = \text{Cte}$$

Sur le schéma, on a choisit $n_1 > n_2 > n_3$.



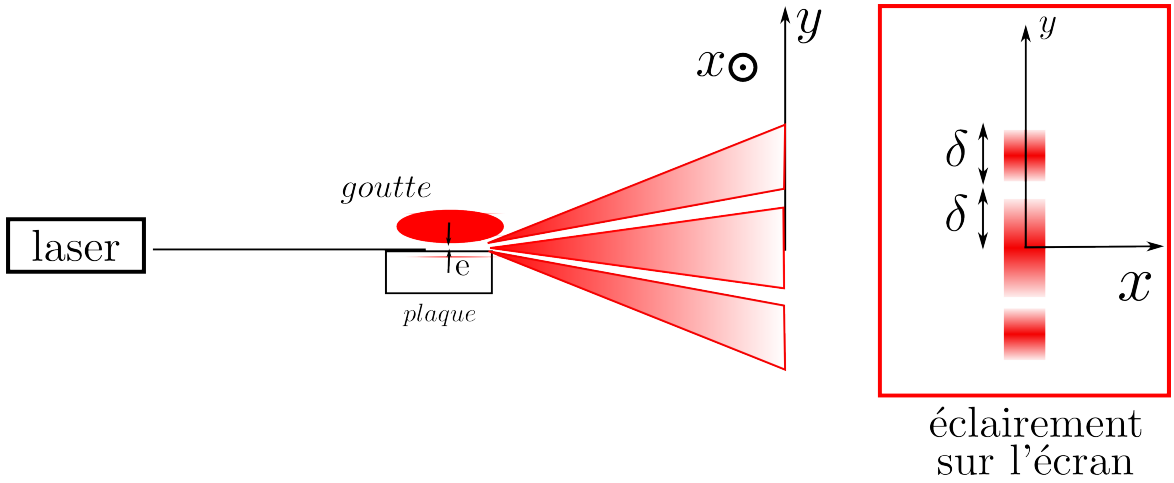
2 Vol de la goutte

On place maintenant une goutte sur la plaque très chaude. Une observation poussée montre que les gouttes « volent » à une hauteur e de la plaque et qu'elles "disparaissent" au bout de quelques dizaines de secondes.

1. En utilisant des analogies avec l'étude de la propulsion des fusées, proposer une explication à ce phénomène.
2. A l'aide du document ci-dessous , proposer une valeur de e.

Document 4 : Expérience 3 : Déviation observée avec la goutte

Lorsque l'on place la goutte sur la plaque, on observe des taches lumineuses sur l'écran. La répartition de l'éclairement lumineux sur l'écran est représentée ci-dessous. On mesure $\delta = 1,1$ cm



Exercice 2 - Vitesse de libération

Dans tout l'exercice on néglige la force de frottement de l'air.

1. On lance, depuis le sol, une balle de masse m avec une vitesse verticale $\overrightarrow{v} = v_0 \overrightarrow{u}_z$ dans le champ de pesenteur terrestre uniforme $\overrightarrow{g}$. Exprimer l'altitude h atteinte par la balle en fonction de g et v_0.
2. On définit la vitesse de libération v_{lib} comme étant la vitesse minimale qu'il faut donner à un corps depuis le sol pour qu'il puisse atteindre les confins de l'univers ? Quelle valeur devrait avoir v_{lib} dans ces conditions ?
3. En réalité, l'énergie potentielle de pesanteur de la balle dépend de l'altitude h suivant la loi :

$$E_p = -\frac{mM_TG}{R_T + h}$$

   où M_T et R_T sont la masse et le rayon de la Terre, G la constante de la gravitation.
   Donner v_{lib} dans ces conditions en fonction de M_T, G et R_T. L'application numérique donne $v_{\text{lib}} = 11,2$ km.s^{-1}.
4. Le mathématicien français Laplace a affirmé qu'un astre de même densité que la Terre mais de rayon 250 fois celui du Soleil aurait une attraction si grande que la vitesse de libération dépasserait c (vitesse de la lumière dans le vide). Il en conclu qu'un tel corps serait capable d'empêcher la lumière de quitter cet astre et serait donc noir.
   Pouvez vous justifier l'affirmation de Laplace, puis la commenter.

✗ Rapport du rayon du Soleil à celui de la Terre : $\frac{R_S}{R_T} = 109$

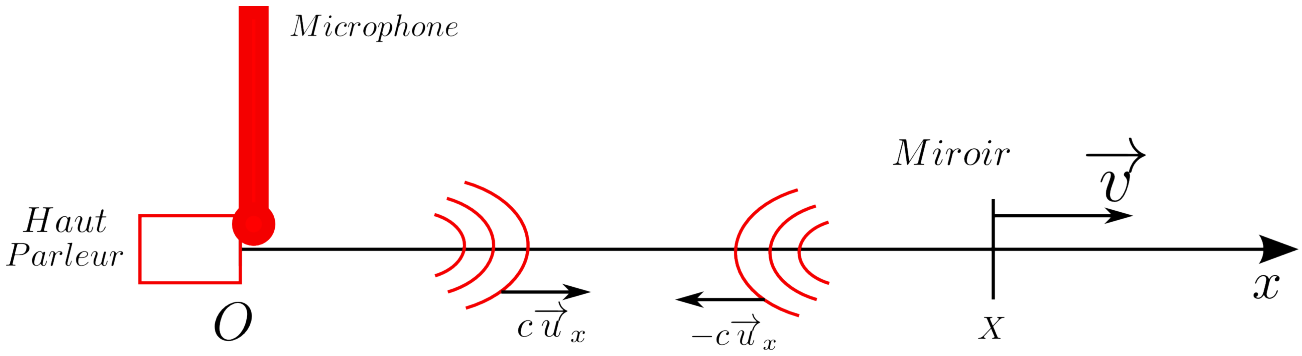
Exercice 3 - Réflexion des ondes sonores

Un haut-parleur placé en $x = O$ émet une onde sonore sinusoïdale de fréquence f. Cette onde se propage dans la direction Ox à la célérité c.

Un miroir réfléchissant placé sur l'axe (Ox) à l'abcisse X renvoie la totalité de l'onde vers la source sans ajouter de déphasage supplémentaire.

Le miroir se déplace à la vitesse $\overrightarrow{v} = v\overrightarrow{u}_x$ de telle sorte que $X = vt$. On a $v \ll c$.

Le microphone placé juste à coté de la source en $x = 0$ mesure donc la somme de l'amplitude de l'onde incidente et de l'onde réfléchie.



1. Trouver les valeurs de X pour lesquelles il existe les ondes stationnaires dans le système. En déduire le temps τ qui sépare deux positions successives du miroir pour lesquelles il existe des ondes stationnaires.
2. On se propose de retrouver ce résultat par une autre méthode. Compte-tenu du déplacement du miroir, quelle est la fréquence de l'onde réfléchie ? En déduire la période τ des battements.

FIN de l'épreuve