Bienvenue en classe de PC !

Je vous souhaite à toutes et à tous la bienvenue en classe de PC. Je serai votre enseignante de physique pour l'année prochaine.

Après cette année de PCSI, des vacances bien méritées vous attendent. Hormis la lecture des livres de français-philo, je vous conseille de vous accorder de **vraies vacances jusqu'à mi-août sans travail de la physique**.

À la **mi-août**, **reprenez un rythme de sommeil et de vie** adapté aux études, afin d'arriver en pleine forme. Au même moment, **replongez-vous dans vos cours de PCSI**, afin d'arriver à la rentrée en connaissant vos cours, et en maitrisant les bases du programme. Cela vous permettra d'aborder la 2^e^ année sereinement.

La deuxième année est courte, le programme de physique est dense, et ne laissera pas beaucoup de temps aux révisions de PCSI durant les séances. Les colles et les devoirs permettront de revenir sur les notions de PCSI, mais le travail approfondi du cours et des exercices fondamentaux devra être fait par vous-même.

Vous pouvez me contacter pendant toute la durée des vacances, sans hésiter, pour toutes questions concernant le devoir ci-dessous ou la physique en PC, à l'adresse mail suivante :

`nadine.valade@ac-grenoble.fr`

Je vous répondrai au plus vite (dans la journée).

Nadine Valade

Le programme de PC comporte les parties suivantes (indiquées dans l'ordre prévisionnel) liées aux parties de PCSI indiquées dans la deuxième colonne.

Parties en PC	**Parties en PCSI**
Optique ondulatoire	Optique Ondes (interférences et trous d'Young)
Mécanique en référentiel non galiléen	Toute la mécanique
Diffusion	Thermodynamique
Électromagnétisme	Mouvement de particules chargées dans $\overrightarrow{E}$, $\overrightarrow{B}$ Induction
Ondes électromagnétiques	Ondes
Mécanique des fluides	Statique des fluides
Machine thermique en écoulement	Thermodynamique
Ondes mécaniques	Ondes
Mécanique quantique	Introduction au monde quantique

L'électronique, le filtrage, les ALI ... n'ont pas de thèmes liés dans le cours de PC, mais de nombreux TP seront effectués en lien avec cette partie importante du programme de PCSI.

À rendre le mardi 1er septembre 2026

Physique — Devoir Maison n°0

Consignes

- Indiquer les numéros des exercices et des questions.
- Toute question doit être justifiée.
- Les résultats doivent être encadrés.
- Les applications numériques doivent être suivies d'une unité.
- Numéroter vos pages.

Conseils

- Les exercices ne couvrent pas de façon exhaustive le programme de PCSI, mais les bases des différents thèmes. Ces révisions sont nécessaires pour aborder sereinement la deuxième année.
- Je vous invite à traiter un exercice par jour à partir du 15 août, en relisant avant votre cours correspondant de PCSI, et en le gardant sous les yeux pour le traiter.
- Si le temps vous manque, je préfère que vous en fassiez moins mais mieux, avec par ordre de priorité : n°2, n°4, n°6, n°7, n°10, n°11, n°12, n°8, n°15, n°16, n°13, n°14, n°9, n°1, n°3, n°5.

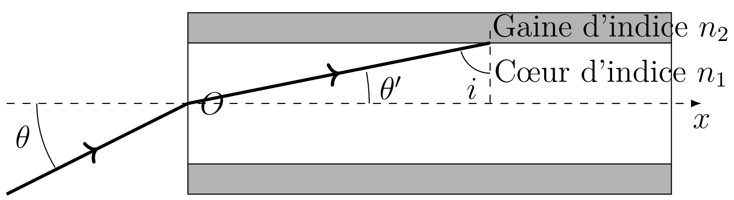
Optique

Nous commencerons l'année par l'optique ondulatoire. La bonne connaissance du cours d'optique de PCSI est nécessaire pour aborder cette partie.

Exercice n°1 Fibre optique

Q1. **Rappeler** les lois de Snell-Descartes (réflexion et réfraction, sans oublier la première).

Le guidage de la lumière peut être assuré par des fibres optiques. Une fibre optique est constituée d'un cylindre de verre (ou de plastique) appelé cœur ou âme, d'indice n_1, entourée d'une gaine transparente d'indice de réfraction n_2.
L'ensemble, en particulier la face d'entrée, est en contact avec un milieu d'indice $n_0 = 1$ (air).



Q2. À quelle condition sur les indices optiques n_1 et n_2, peut-il se produire un phénomène de réflexion totale entre le cœur et la gaine ?

Q3. **Établir** la condition sur l'angle d'incidence i pour qu'il s'y produise une réflexion totale.

Q4. **En déduire** une condition sur l'angle de réfraction θ' au niveau du dioptre air/cœur.

Q5. **En déduire** que ce rayon peut être guidé dans le cœur si le rayon incident parvient dans le cône d'acceptance d'angle au sommet $\theta_{\max} = \arcsin\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$.

On donne : $\sin\left(\arccos(x)\right) = \sqrt{1-x^2}$ et $\cos\left(\arcsin(x)\right) = \sqrt{1-x^2}$.

Exercice n°2 Lentilles

Q1. **Donner** les relations de conjugaison et de grandissement de Descartes (=avec origine au centre optique) et de Newton (=avec origine aux foyers).

Q2. On étudie un appareil photographique modélisé par une lentille convergente de distance focale $f' = 50$ mm et de et un capteur. On prend en photo un coquelicot de 40 cm de haut, et situé à 30 cm de l'objectif de l'appareil. On note AB le coquelicot, avec A sur l'axe optique de la lentille.

(a) Que vaut $\overline{OA}$?

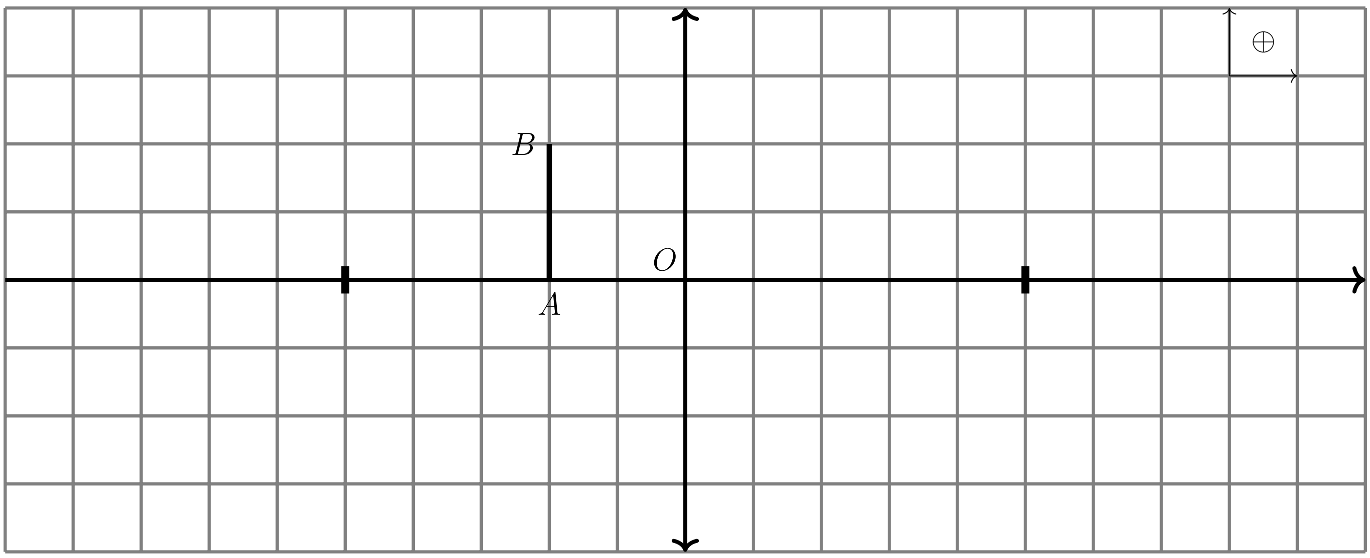
(b) Où doit-on placer le capteur pour que l'image y soit nette ?

(c) **Déterminer** la taille algébrique de l'image.

Q3. À quelle condition sur la distance focale d'une lentille convergente est-il possible d'effectuer une projection sur un écran à une distance D de l'objet ?

Q4. Effectuer les **tracés** des trois rayons nécessaires pour déterminer la position de l'image $A'B'$ de l'objet AB dans les trois situations suivantes. On indiquera les foyers principaux objet et image.

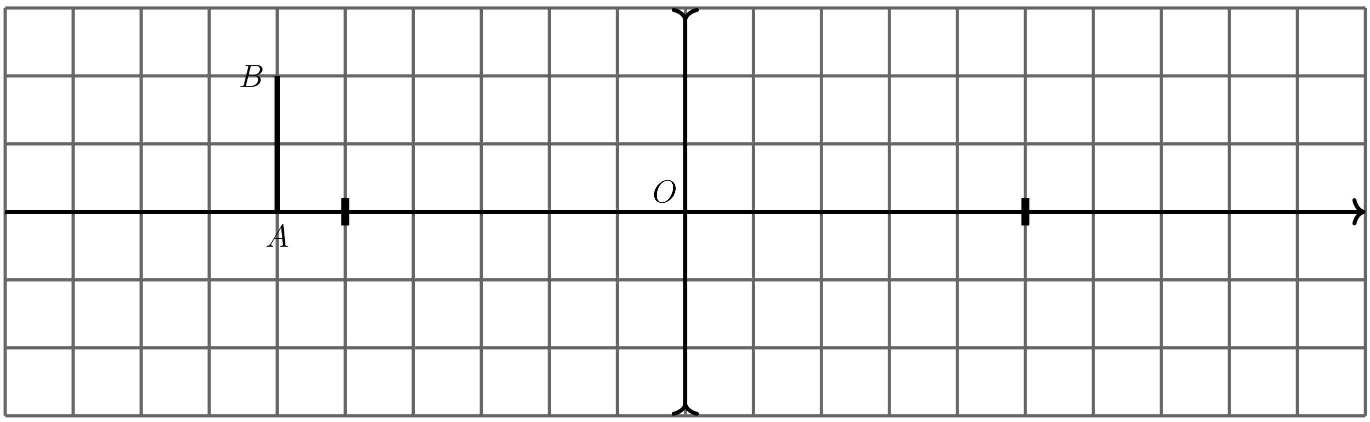
(a) Lentille convergente



Que peut-on dire ? ○ Objet réel ○ Objet virtuel ○ Image réelle ○ Image virtuelle

Que peut-on dire du grandissement transversal ? ○ $\gamma > 0$ ○ $\gamma < 0$ ○ $|\gamma| > 1$ ○ $|\gamma| < 1$

(b) Lentille divergente



Que peut-on dire ? ○ Objet réel ○ Objet virtuel ○ Image réelle ○ Image virtuelle

Que peut-on dire du grandissement transversal ? ○ $\gamma > 0$ ○ $\gamma < 0$ ○ $|\gamma| > 1$ ○ $|\gamma| < 1$

Électricité

Il n'y a pas de cours d'élec en PC, mais de nombreux TP, et l'ensemble de la partie d'électricité de PCSI tombe à la fois aux écrits et aux oraux des concours.

Exercice n°3 Étude d'un circuit du premier ordre

On étudie la réponse d'un circuit RL série constitué d'une résistance et d'une bobine en série alimenté par un générateur qui délivre un échelon de tension de force électromotrice $E = 1,0$ V.

Q1. Après avoir représenté le circuit et indiquer dessus toutes les grandeurs utiles, **établir** l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i du courant électrique et l'écrire sous la forme canonique

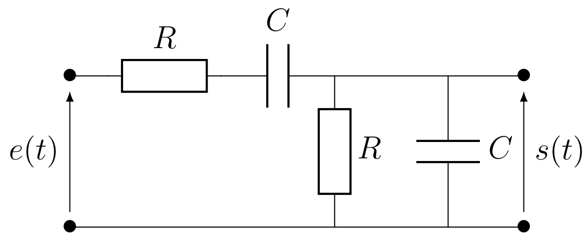
$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + \frac{i}{\tau} = \frac{i(\infty)}{\tau}$$

où on exprimera τ et $i(\infty)$.

Q2. **Résoudre** l'équation différentielle. Représenter l'allure et identifier τ dessus.

Exercice n°4 Étude d'un filtre passif

On s'intéresse au filtre de Wien représenté ci-dessous, alimenté en régime sinusoïdal.



Q1. Par analyse des comportements asymptotiques (à basse et haute fréquences) des dipôles, **déterminer** la nature du filtre.

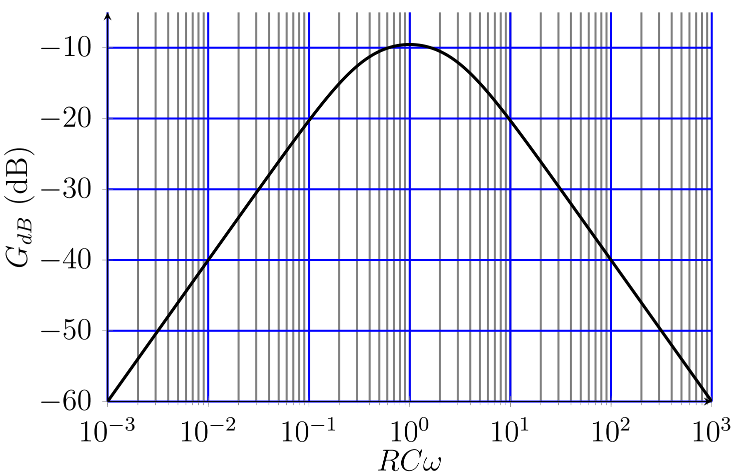
Q2. (a) **Effectuer** les deux associations de dipôles possibles pour obtenir un circuit avec deux dipôles en série.

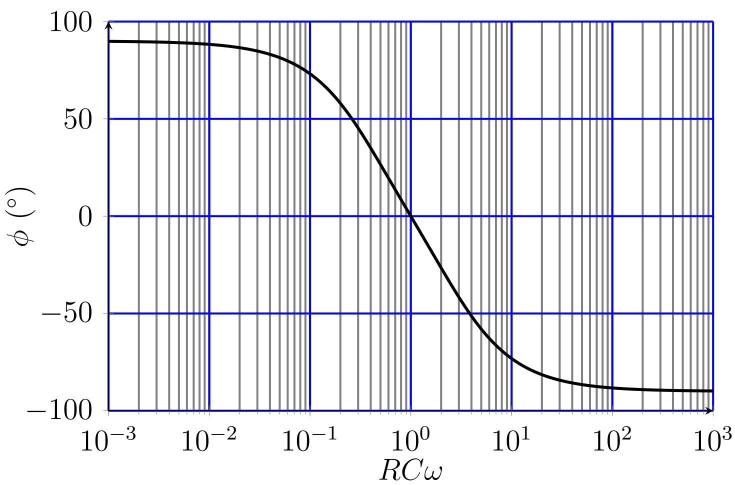
(b) **Rappeler** la relation du pont diviseur de tension qui relie $\underline{s}$ et $\underline{e}$.

(c) **Montrer** alors que la fonction de transfert s'écrit : $\underline{H} = \dfrac{1}{3 + RCj\omega + \dfrac{1}{RCj\omega}}$

Q3. Pour quelle pulsation le gain de ce filtre est-il maximal ? Que vaut la phase à cette pulsation ?

Q4. En exploitant la fonction de transfert, **déterminer** les pentes des asymptotes du diagramme de Bode en gain fourni ci-dessous.



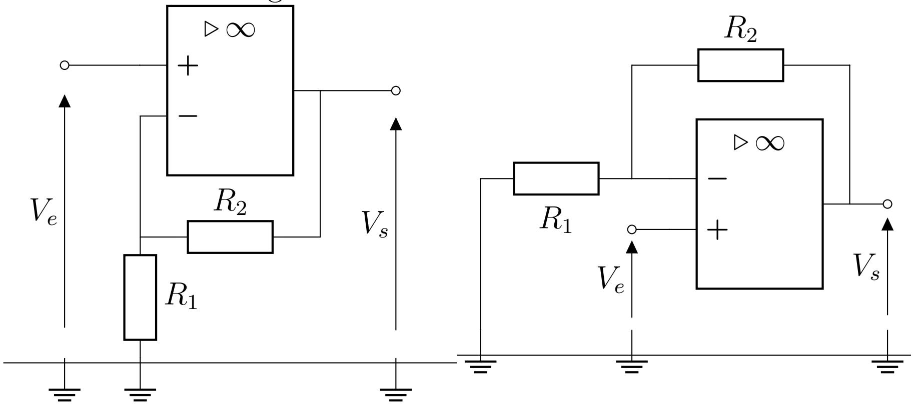


Q5. On envoie en entrée du filtre un signal $e(t) = E\cos(\omega t + \pi/3)$, avec $\omega = \dfrac{\omega_0}{10}$.

Déterminer l'amplitude et la phase à l'origine des temps du signal de sortie correspondant. *On s'appuiera sur les diagrammes de Bode fournis.*

Exercice n°5 Étude d'un montage à ALI

On étudie le montage ci-dessous.



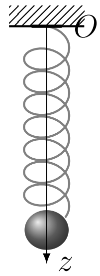
Q1. L'ALI est supposé idéal, que vaut le courant i^- ?

Q2. Pourquoi le montage peut-il fonctionner en régime linéaire ? Que peut-on écrire sur V^+ et V^- ?

Q3. **Établir** la relation entre V_s et V_e.

Mécanique

Exercice n°6 Étude d'un oscillateur mécanique



On étudie le système ci-contre constitué d'une masse m accrochée à l'extrémité d'un ressort de constante de raideur k et de longueur à vide ℓ_0. L'origine de l'axe (Oz), vertical descendant, est prise au niveau du point d'attache du ressort.
On prend en compte les frottements fluides, sous la forme $\overrightarrow{f} = -\alpha\overrightarrow{v}$, avec $\alpha > 0$.

Partie A Régime libre

Q1. **Établir** l'expression de la position d'équilibre $z_{\text{éq}}$ en fonction de ℓ_0, m, g et k. Vérifier l'homogénéité et la cohérence physique.

Q2. **Établir** l'équation différentielle vérifiée par z et l'écrire sous la forme

$$\ddot{z} + \frac{\omega_0}{Q}\dot{z} + \omega_0^2 z = \omega_0^2 z_{\text{éq}}$$

Identifier les expressions de ω_0 et Q. Donner leurs noms et leurs unités.

Q3. **Rappeler** les noms des trois régimes transitoires observés selon la valeur du facteur de qualité.

Q4. Si $Q > \dfrac{1}{2}$, **établir** l'expression de la solution générale de l'équation différentielle. On introduira la pseudo-pulsation Ω qu'on exprimera en fonction de ω_0 et Q. *On ne demande pas de déterminer les constantes d'intégration.*

Partie B Régime forcé

Le système est maintenant soumis à une force excitatrice sinusoïdale $\overrightarrow{F}(t) = F_0\cos(\omega t)\overrightarrow{u_z}$.
L'équation différentielle vérifiée par $Z(t) = z(t) - z_{\text{éq}}$ s'écrit :

$$\ddot{Z} + \frac{\omega_0}{Q}\dot{Z} + \omega_0^2 Z = \frac{F(t)}{m}$$

On recherche la solution sous la forme $Z(t) = Z_m\cos(\omega t + \varphi)$.

Q5. Passer l'équation différentielle en complexe, et **établir** l'amplitude complexe de Z :

$$\underline{Z_m} = \frac{F_0/m}{\omega_0^2 - \omega^2 + j\dfrac{\omega\omega_0}{Q}}$$

Q6. **En déduire** l'expression de l'amplitude Z_m.

On introduit la fonction g telle que $Z_m(\omega) = \dfrac{F_0/m}{\sqrt{g(\omega)}}$

Q7. En étudiant la fonction g, **montrer** qu'il se produit une résonance en une pulsation ω_r que l'on exprimera en fonction de ω_0 et Q, à la condition que $Q \geq \dfrac{1}{\sqrt{2}}$.

Q8. **Représenter l'allure** de Z_m en fonction de ω pour $Q > \dfrac{1}{\sqrt{2}}$ et $Q < \dfrac{1}{\sqrt{2}}$.

Exercice n°7 Approche énergétique du mouvement du point matériel

La petite Louise, 9 ans, de masse m débute le ski. Elle descend une piste rectiligne de longueur ℓ qui fait un angle α avec l'horizontale. On prend en compte les frottements solides entre les skis et la neige, de coefficient de frottement f et qui vérifient les lois de Coulomb du frottement solide. On néglige les frottements fluides.

On rappelle que les normes des réactions tangentielle et normale sont reliées par $R_T = fR_N$.

Q1. **Faire un schéma** représentant le système et les forces.

Q2. **Déterminer** l'expression des travaux de la réaction normale et de la force de frottement solide.

Q3. À l'aide du théorème de l'énergie mécanique, **établir** l'expression de la vitesse de Louise en bas de la piste en supposant que sa vitesse initiale est nulle, en fonction de f, g (le champ de pesanteur), α et ℓ.

Exercice n°8 Mouvement dans un champ électrique ou magnétique

On étudie, très succinctement, un spectrographe de masse utilisé pour séparer les ions d'un même isotope.

Q1. Un cation de charge q, de masse m, de vitesse initiale nulle, est située en un point O d'une grille plane. La particule est accélérée en direction d'une seconde grille plane, située à une distance L de la première par un champ électrique uniforme et permanent. On note $U = V_O - V_L$ la tension entre les deux plaques.

(a) À l'aide d'un théorème énergétique, **exprimer** la vitesse v du cation au niveau de la deuxième grille en fonction de q, U et m.

(b) De quel signe doit être U pour un cation ?

Q2. Les ions entrent ensuite dans une zone où règne un champ magnétique uniforme et permanent de norme B. Initialement, ils ont une vitesse v_0.

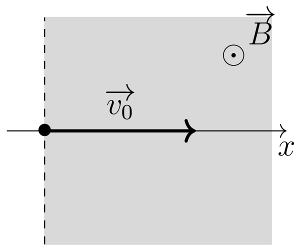
(a) **Donner** la force qui s'exerce sur la particule chargée.

(b) **Montrer** que le mouvement est nécessairement uniforme.

(c) **Rappeler** l'expression du vecteur accélération dans la base de Frenet. **Faire un schéma**.

(d) En utilisant le principe fondamental de la dynamique et la réponse précédente, **établir** l'expression du rayon de la trajectoire du cation en fonction de B, v_0, m et e.

(e) Reproduire le schéma et indiquer la trajectoire en justifiant le sens du mouvement.



Exercice n°9 Mouvement à force centrale

On étudie le mouvement de la station spatiale internationale (ISS) autour de la Terre. On note O le centre de la Terre, $M_T = 6.10^{24}$ kg sa masse, et $R_T = 6370$ km son rayon. L'ISS est assimilée à un point matériel M de masse m. On donne la valeur de la constante universelle de gravitation $\mathcal{G} = 6,67.10^{-11}$ uSI.

Q1. **Rappeler** l'expression de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur l'ISS. Donner ses deux propriétés.

Q2. **Démontrer** que le moment cinétique $\overrightarrow{L_O}$ de l'ISS se conserve. Énoncer ses deux conséquences.

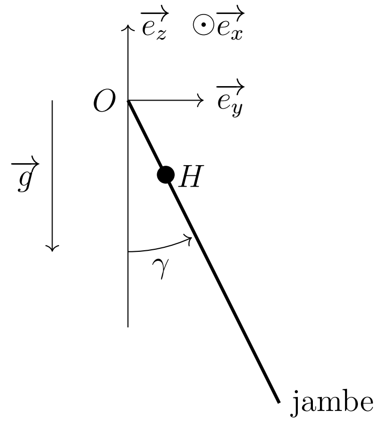
On assimile le mouvement de l'ISS à une trajectoire circulaire, à l'altitude $h = 400$ km.

Q3. À l'aide du principe fondamental de la dynamique, **établir** l'expression de la norme du vecteur vitesse en fonction de $\mathcal{G}$ (constante universelle de gravitation), M_T, R_T et h.

Q4. **En déduire** l'expression de la période du mouvement de l'ISS. **Faire l'application numérique.**

Exercice n°10 Étude du pendule pesant

On se propose ici de déterminer la période propre d'oscillations d'une jambe adulte en utilisant un modèle mécanique simple.
Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre supposé galiléen.
On assimile la jambe à un solide rigide de masse m_o et de longueur d en rotation autour de l'axe horizontal $(O, \overrightarrow{e_x})$ fixe dans le référentiel d'étude. Le moment d'inertie du solide par rapport à l'axe $(O, \overrightarrow{e_x})$ est notée J. On note H le centre d'inertie de la jambe situé à la distance d' de O.
La liaison pivot en O est supposée parfaite.
La jambe ne touche pas le sol dans cette étude.
On néglige tout frottement.



Q1. **Donner** sans démonstration l'expression du moment cinétique scalaire, L_{Ox} de la jambe par rapport à l'axe $(O, \overrightarrow{e_x})$ en fonction de γ et J.

Q2. **Exprimer** le moment par rapport à (Ox) des actions mécaniques s'exerçant sur la jambe.

Q3. **Établir** l'équation différentielle vérifiée par γ, caractérisant le mouvement de la jambe.

Q4. En se plaçant dans l'approximation des petites oscillations, **exprimer** la période propre d'oscillations en fonction de J, m_o, g et d'.

Thermodynamique

Exercice n°11 Quelques travaux des forces de pression

On considère n moles d'un gaz parfait enfermé dans une enceinte séparée de l'extérieur par un piston. L'état initial (E_0) est caractérisé par le volume V_0, la pression P_0, la température T_0. On souhaite l'amener à un état final (E_1) de pression $P_f = 2P_0$, et à la température T_0, selon deux chemins :

- Cas 1 :
  $E_0 \rightarrow E_1$: Compression isotherme à la température T_0.
- Cas 2 : Transformation en deux temps :
  - $E_0 \rightarrow E_2$: Compression monochore au volume V_0,
  - $E_2 \rightarrow E_1$: Compression isobare jusqu'à la pression P_f.

Les deux transformations sont effectuées très lentement afin d'assurer l'équilibre à chaque instant entre le système et le milieu extérieur.

Q1. **Donner** l'expression du travail des forces de pression (de façon générale).

Q2. **Établir** l'expression du travail des forces de pression pour le cas 1, en fonction de n, R, T_0.

Q3. Cas 2 :

(a) Que vaut le travail des forces de pression sur la transformation $E_0 \rightarrow E_2$?

(b) **Exprimer** le travail des forces de pression sur la transformation $E_2 \rightarrow E_1$.

(c) **En déduire** $W_{E_0 \rightarrow E_1}$ dans le cas 2 en fonction de P_0 et V_0. Commenter.

Exercice n°12 Changement d'état : Fonte d'un glaçon

À l'heure de vous préparer un sirop, vous sortez un glaçon de masse $m = 10$ g du congélateur à -18 °C. Une idée lumineuse de physique vous traverse alors l'esprit, et vous abandonnez le glaçon (à son triste sort…) dans un verre vide dans votre cuisine de température 25 °C. On considère que le glaçon subit une transformation monotherme et isobare.

Q1. **Décrire** un chemin fictif permettant d'exprimer la variation de l'enthalpie et de l'entropie de l'eau.

Q2. **Exprimer** la variation de l'enthalpie de l'eau, et en déduire le transfert thermique reçu par l'eau.

Q3. **En déduire** l'entropie échangée reçue par l'eau.

Q4. **Exprimer** la variation d'entropie de l'eau.

Q5. **En déduire** l'entropie créée. Commenter.

Données :

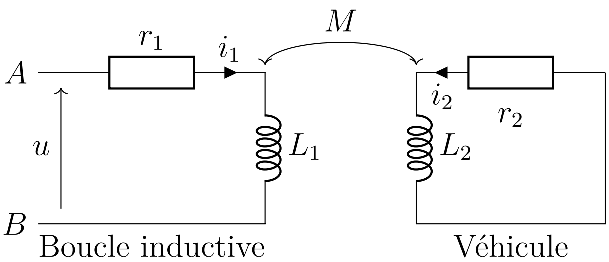
- Enthalpie massique de fusion de l'eau à T_0 =0 °C : $\Delta_{\text{fus}}h(T_0) = 335$ kJ · kg^{-1}
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_\ell = 4,18$ kJ · K^{-1} · kg^{-1}
- Capacité thermique massique de l'eau solide (glace) : $c_g = 2,09$ kJ · K^{-1} · kg^{-1}
- L'entropie massique d'une phase condensée de capacité thermique massique c constante (indépendante de la température) s'écrit : $s(T) = c\ln\left(\dfrac{T}{T_{\text{ref}}}\right) + s_{\text{ref}}$

Induction

Exercice n°13 Deux circuits couplés par induction mutuelle

En milieu urbain, la détection des véhicules par boucle inductive s'est fortement développée afin d'améliorer la gestion des feux de signalisation.
Le capteur est une boucle conductrice implantée dans la chaussée, formée de spires rectangulaires dont la taille est de l'ordre du mètre. Cette boucle fait partie d'un circuit électronique oscillant dont la fréquence est fonction de son inductance.

Le capteur est un dipôle AB formé d'une boucle de courant d'intensité variable $i_1(t)$ et d'inductance propre L_1, de résistance r_1. On modélise la voiture par un deuxième circuit d'inductance propre L_2, de résistance r_2, parcouru par un courant d'intensité $i_2(t)$. On note M le coefficient d'inductance mutuelle et on négligera la résistance des circuits.



Q1. Quand un véhicule est au-dessus de la boucle inductive, que se passe-t-il ? **Décrire** les phénomènes se produisant au sein de la masse métallique du véhicule et au sein de la boucle inductive.

Q2. **Rappeler** la loi de Faraday.

Q3. Étude du circuit modélisant la boucle inductive.

(a) **Exprimer** la force électromotrice e_1 induite dans ce circuit.

(b) **Représenter** le circuit équivalent.

(c) **En déduire** la relation entre u, i_1, i_2, L_1, r_1 et M.

Q4. Faire de même pour le circuit modélisant le véhicule.

Dans la suite, on néglige les deux résistances r_1 et r_2.

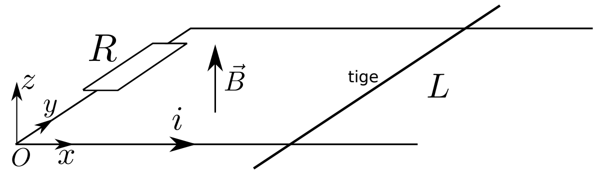
Q5. **Montrer que** u s'écrit : $u = L'\dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}$, où on exprimera L' en fonction L_1, L_2 et M.

Exercice n°14 Convertisseur électromécanique

Les vibrations du sol, provoquées par les piétons, les véhicules ou le vent, peuvent fournir une énergie récupérable au moyen de dispositifs qui font l'objet de recherches récentes. Le mouvement de la dalle entraîne une génératrice électrique, qui est un dispositif qui permet de convertir une puissance mécanique en puissance électrique.

Pour illustrer le principe de fonctionnement d'une génératrice, nous étudions une géométrie simplifiée qui correspond à la configuration des rails de Laplace.

On considère une tige qui peut glisser sans frottement sur deux rails parallèles (distants de L). La tige et les rails sont conducteurs, parcourus par un courant induit i et reliés à un dipôle résistif R (qui symbolise le dipôle vers lequel la puissance électrique est envoyée). Le tout est plongé dans un champ magnétique uniforme et stationnaire $\overrightarrow{B} = B_0\overrightarrow{e_z}$.



On néglige la résistance de la tige et des rails, ainsi que tout phénomène d'autoinduction.

Q1. **Décrire** qualitativement les phénomènes physiques mis en jeu dans ce dispositif.

Q2. **Établir** l'expression de la résultante des forces de Laplace agissant sur la tige, en fonction de L, B_0, du courant induit i, et d'un vecteur unitaire bien choisi.

Q3. **Établir** l'équation mécanique (EM).

Q4. **Établir** l'expression de la force électromotrice induite (ou tension induite) e dans le circuit.

Q5. **Établir** l'équation électrique (EE).

Q6. **Établir** le bilan de puissance. **Interpréter**.

Statique des fluides

Exercice n°15 Pression dans le lac Kir

On souhaite déterminer la pression qui règne au fond du lac Kir de profondeur $H = 3,5$ m. On repère une position dans le lac par sa profondeur z, l'axe (Oz) étant vertical **descendant**, et l'origine placée à la surface de l'eau de masse volumique notée ρ supposée constante. On note P_0 la pression qui règne à sa surface.

Q1. **Écrire** la relation de la statique des fluides dans ce cas.

Q2. **En déduire** l'expression de la pression P en fonction de z et de constantes du problème.
Faire l'application numérique de la valeur de la pression au fond du lac Kir.

Exercice n°16 Pression au sommet du mont de Gien

Le point culminant de la Côte-d'Or est le mont de Gien, situé dans le Morvan, à $h = 721$ mètres d'altitude, on souhaite connaître la pression qui y règne.

On se repère dans l'atmosphère avec l'altitude z, l'axe (Oz) étant vertical **ascendant**, et l'origine au niveau de la mer, où règne la pression $P_0 = 1$ bar.

On se place dans le cadre du modèle de l'atmosphère isotherme, l'air étant assimilé à un gaz parfait de masse molaire M_a, et la température est supposée uniforme égale à $T_0 = 15$ °C.

Q1. **Écrire** la relation de la statique des fluides.

Q2. **Exprimer** la masse volumique de l'air en fonction de la pression et des constante du problème.

Q3. **Montrer que** la pression vérifie l'équation différentielle suivante

$$\frac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}z} + \frac{P}{H} = 0$$

où on identifiera l'expression de H. Faire l'application numérique de H. Quelle est son unité ?

Q4. **En déduire** l'expression de la pression P en fonction de z et de constantes du problème.
Faire l'application numérique de la valeur de la pression au sommet du mont de Gien.