

Planche d'exercices n°2

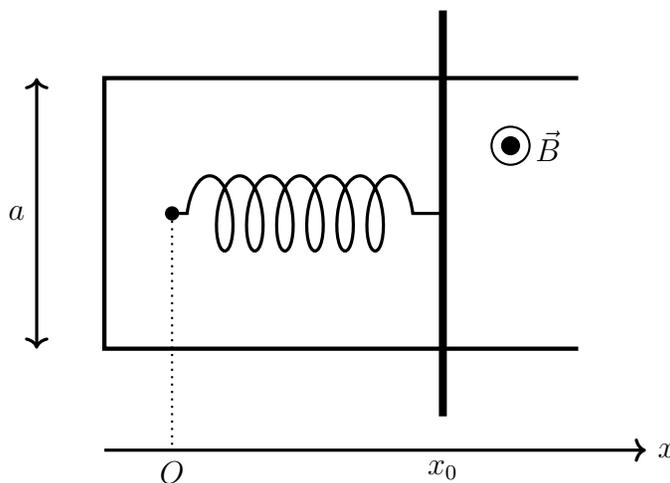
Exercice 1 : Détermination expérimentale de frottements fluides

On plonge une boule de masse volumique ρ et de rayon R dans un fluide de coefficient de viscosité η . Cette boule est accrochée au couvercle du récipient par un ressort de raideur k et de longueur à vide ℓ_0 . La force de frottements fluides s'appliquant sur la boule est $\vec{f} = -6\pi\eta R\vec{v}$.

1. Déterminer $\ell_e - \ell_0$, l'allongement du ressort à l'équilibre.
2. On pose z l'allongement du ressort par rapport à la position d'équilibre définie plus tôt.
 - a) Déterminer l'équation du mouvement.
 - b) Déterminer la condition nécessaire à l'observation d'une faible atténuation.
 - c) Déterminer dans ce cas la pseudo-période T .
3. On se place maintenant dans le cas où le fluide est l'air (les frottements sont négligés).
 - a) Trouver la période T_0 des oscillations.
 - b) En déduire le coefficient de viscosité η du fluide précédent.

Exercice 2 : Rail de Laplace avec ressort (CCINP)

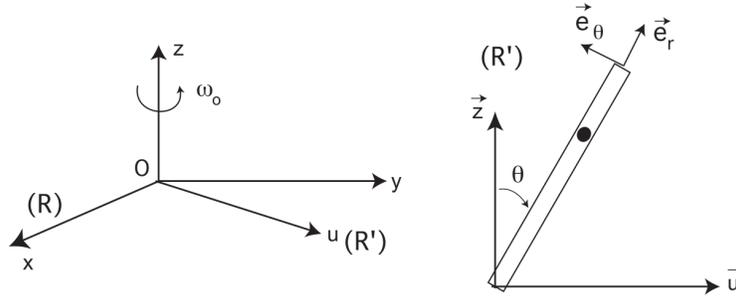
Une barre est plongée dans un champ magnétique constant et uniforme $\vec{B} = B_0\vec{u}_y$. Le ressort qui la relie au châssis est de longueur nulle au repos. Cette barre est lâchée sans vitesse à l'instant initial $t = 0$ depuis la position $x_0 > 0$.



1. Prévoir qualitativement l'évolution du système (évolution de la position de la barre et sens du courant)
2. Déterminer l'équation électrique.
3. Déterminer l'équation mécanique.
4. Quelles sont les conditions de pseudo-oscillations ?
5. Établir l'équation du mouvement.
6. Étudier le système d'un point de vue énergétique.

Exercice 3 : Bille dans un tube

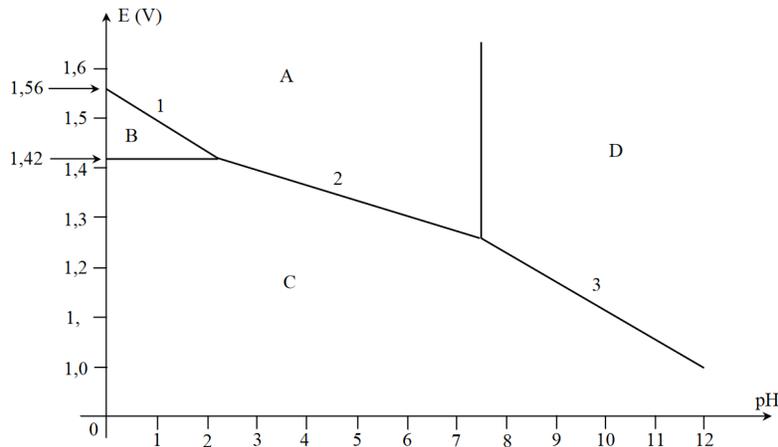
On considère une bille qui coulisse sans frottement dans un tube incliné d'un angle α fixe par rapport à Oz . (\mathcal{R}') est un référentiel en rotation avec la vitesse angulaire constante ω_0 autour de l'axe Oz de (\mathcal{R}) galiléen. La position de la bille dans le tube est notée $r(t)\vec{e}_r$.



1. Faire un bilan des forces exercées sur la bille dans le référentiel (\mathcal{R}') .
2. Quelle est l'équation différentielle vérifiée par $r(t)$?
3. À l'instant $t = 0$, la bille est au repos par rapport au tube, à la distance r_0 . Déterminer l'expression du temps t_1 que met la bille à sortir du tube.

Exercice 4 : Oxydo-réduction du chlore (CCINP)

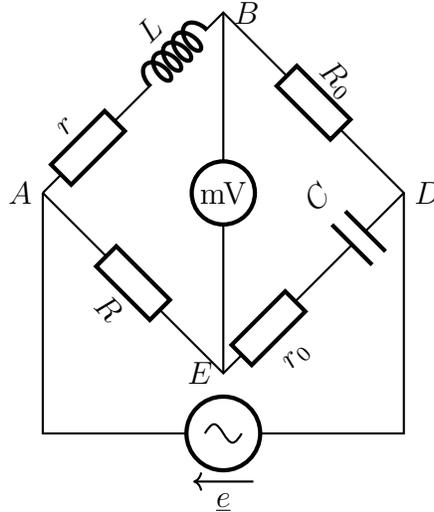
On donne le diagramme E-pH du chlore, avec pour convention de tracé $C_t = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$:



1. Ce diagramme contient les quatre espèces suivantes : HClO , Cl_2 , Cl^- et ClO^- . Placer ces espèces dans le diagramme.
2. Déterminer, grâce au diagramme, le pK_a du couple HClO/ClO^- .
3. Déterminer, grâce au diagramme, le potentiel standard du couple HClO/Cl_2 .
4. Tracer sur ce diagramme les deux droites délimitant le domaine de stabilité de l'eau. Le dichlore est-il stable dans une solution aqueuse ?
5. Quelle est la seule espèce chlorée qui peut exister de manière stable en solution aqueuse ?

Exercice 5 : Détermination d'une inductance

On considère le montage ci-dessous. La capacité C et la résistance r_0 sont réglables et réglées de telle façon qu'on ne mesure aucune différence de potentiel au niveau du millivoltmètre. On note \underline{Z} l'impédance de la branche AB et \underline{Z}_0 celle de la branche ED .



1. Déterminer \underline{U}_{AB} en fonction de \underline{Z} , R_0 et e .
2. Déterminer \underline{U}_{AE} en fonction de \underline{Z}_0 , R et e .
3. Déterminer une relation entre \underline{Z} , \underline{Z}_0 , R et R_0 .
4. Déterminer l'inductance L de la bobine en fonction de ω et d'autres paramètres.

Exercice 6 : Câble coaxial (CCINP)

On considère un câble coaxial d'axe (Oz) . Il est constitué de deux cylindres : une âme de rayon a au potentiel V_1 , parcourue par un courant I et une gaine de rayon $b > a$ au potentiel V_2 , parcourue par le même courant I dans l'autre sens. On se place dans la base locale cylindrique $(\vec{e}_\rho, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$.

1. a) Par analyse des surfaces équipotentielles, trouver la direction du champ électrique \vec{E} .
 b) En appliquant le théorème de Gauss à un cylindre de hauteur h bien choisi, déterminer $\vec{E}(M_{int})$ pour $M_{int}(\rho, \theta, z)$ entre les deux armatures.
 c) Exprimer ce champ inter-armatures $\vec{E}(M_{int})$ en fonction de $(V_1 - V_2)$, a , b et ρ .
2. Déterminer le champ magnétique $\vec{B}(M)$ en tout point de l'espace, en fonction de I et de ρ .
3. Calculer le flux du vecteur de Poynting à travers le câble, commenter.

Exercice 7 : Association de lentilles (CCINP)

On considère un système optique centré utilisé dans les conditions de Gauss et composé de deux lentilles convergentes identiques, de centres respectifs O_1 et O_2 , de même distance focale image f' et distantes de $e = 2f'$.

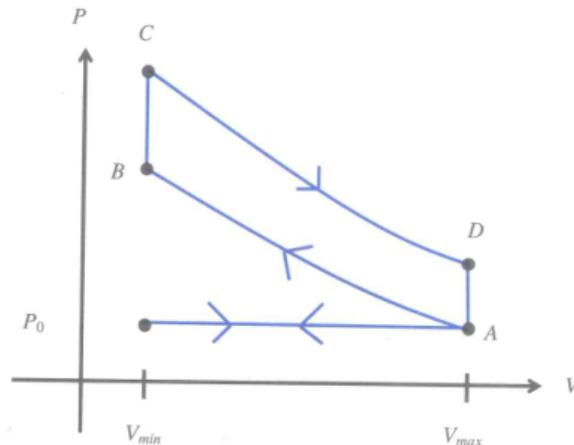
1. Déterminer la distance $\overline{O_1F}$, où F est le foyer objet du système constitué par les deux lentilles.
2. Déterminer la distance $\overline{O_2F'}$, où F' est le foyer image du système constitué par les deux lentilles.
3. Construire l'image d'un objet à l'infini, situé dans une direction α par rapport à l'axe optique. Déterminer sa position et sa taille d par le calcul.

Exercice 8 : Cycle de Beau de Rochas

Le moteur d'une automobile décrit le cycle réversible de Beau de Rochas ci-après où toutes les transformations sont supposées quasi-statiques. Les transformations AB et CD sont adiabatiques réversibles.

On note $a = \frac{V_{max}}{V_{min}}$, le taux de compression. On considère le cycle décrit par un gaz parfait de coefficient

$$\gamma = \frac{c_P}{c_V}.$$



1. Déterminer les expressions des transferts thermiques Q_{BC} et Q_{DA} en fonction des températures T_A, T_B, T_C, T_D et de la capacité thermique à volume constant C_V du système gazeux. Quels sont les signes de Q_{BC} et Q_{DA} ?
2. Exprimer le travail total W mis en jeu par cycle.
3. En déduire le rendement η du moteur en fonction des transferts thermiques puis en fonction des températures.
4. Donner les expressions de T_B et T_C en fonction de T_A, T_D, a et γ .
5. Montrer que $\eta = 1 - a^{1-\gamma}$.
6. Pour avoir le meilleur rendement possible, comment doit-on choisir a ? Calculer le rendement pour $a = 9,0$ et $\gamma = 1,4$.
7. Calculer $\Delta S, S_e$ et S_c pour chacune des transformations.
8. Quelles sont les sources d'irréversibilité dans la transformation ?

Exercice 9 : Cinétique chimique (CCINP)

On effectue la réaction : $A_{(g)} \longrightarrow 2B_{(g)} + C_{(g)}$ dans un réacteur isochore et isotherme.

1. Quelle est la relation entre la concentration initiale $C_0 = \frac{n_{A,0}}{V}$ de A et la pression initiale, puis entre la concentration $C(t)$ de A et la pression totale $P(t)$?
2. La réaction est d'ordre 1 par rapport à A. Établir l'équation différentielle vérifiée par $P(t)$.
3. On mesure :

t (en min)	0	4	10	15	20	30	40	50	100
$P(t)$ (en bar)	1	1,15	1,36	1,52	1,66	1,90	2,10	2,26	2,73

En déduire la constante de vitesse k .

Exercice 10 : Réseau optique (CCINP)

On considère un réseau constitué de N fentes, espacées les unes des autres d'une distance a . On envoie sur ce réseau un faisceau lumineux constitué de rayons tous parallèles entre eux, monochromatiques de même longueur d'onde λ . Chaque rayon forme un angle d'incidence i_0 avec le réseau et ressort avec un angle i_p .

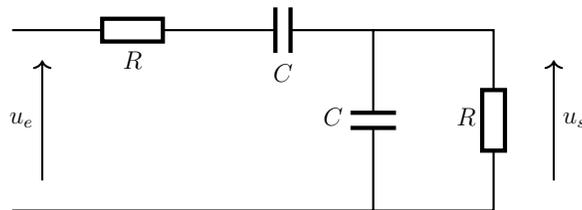
1. Établir la relation liant i_0 , i_p , a , λ et l'ordre p .

On considère maintenant que le faisceau est constitué de deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 . On se place dans le cas $i_0 = 0$ et on observe les interférences sur un écran (E) placé dans le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale f .

2. En quels points de l'écran observe-t-on les raies dues aux deux longueurs d'onde ? Quelle est la distance que sépare ces raies ?
3. À quelles conditions les raies correspondant aux deux longueurs d'onde sont-elles séparées ?

Exercice 11 : Filtre RC du second ordre (CCINP)

On étudie le filtre suivant :



1. Quelle est la nature de ce filtre ?
2. Exprimer sa fonction de transfert sous la forme $\underline{H}(x) = \frac{H_0}{1 + jQ\left(x - \frac{1}{x}\right)}$, avec $x = \frac{\omega}{\omega_0}$. On exprimera H_0 , Q et ω_0 en fonction de R et C .
3. Tracer la courbe représentative de la fonction $x \mapsto |\underline{H}(x)|$. Y a-t-il résonance en tension ?
4. Déterminer la bande passante à -3dB .
5. Tracer le diagramme de Bode asymptotique en gain et en phase.