PSI2 prépa oral physique chimie 2026.

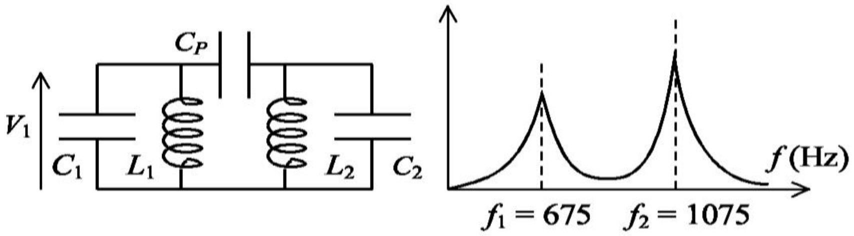
C tron00.**.

On souhaite obtenir expérimentalement la caractéristique courant i-tension u d'un dipole électrique D. Pour cela, on dispose d'une source d'alimentation continue ajustable, d'un voltmètre assimilable à une résistance $R=10\ M\Omega$, d'un ampèremètre assimilable à une résistance $r=10\Omega$.

1)Comment brancher les différents appareils électriques ? Montrer qu'à chaque fois, une des mesures est fausse.

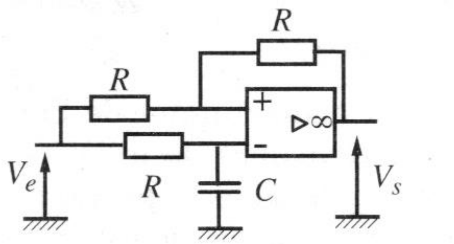
2)Le dipôle D est une diode dont la caractéristique, dans la partie passante ($i>0$) est une droite d'équation $i=g(u-u_o)$ avec $u_o=0{,}6V$ et $g=0{,}1$ SI. Quel est le meilleur montage pour retrouver expérimentalement au voisinage de $u=1V$? Quelle erreur commet-on si on se trompe de montage ?

C tron02



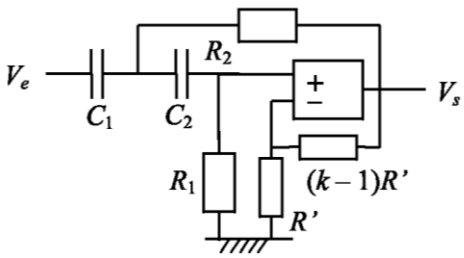
Le spectre d'un régime libre de $V_1(t)$ a été calculé avec $C_1=C_2=500nF$ et $L_1=L_2=L$. En déduire les valeurs de C_P et de L en négligeant les résistances des bobines.

C tron05 .



Pour le circuit ci-dessus, calculer la fonction de transfert harmonique. Quelle pourrait être la fonction d'un tel quadripôle ?
Etudier la réponse indicielle de ce quadripôle en supposant le condensateur initialement déchargé.

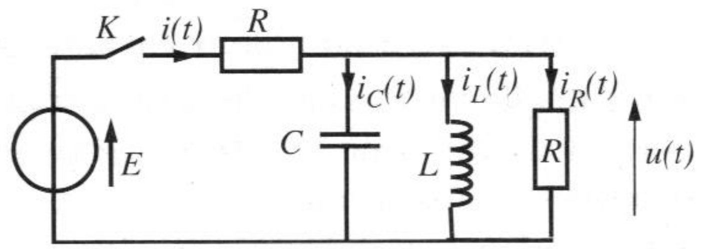
C tron06. Simplifier avec $R_1=R_2=R$ et $C_1=C_2=C$. Sinon ingérable.



Avec des hypothèses de calculs à définir, obtenir l'équation différentielle vérifiée par $V_s(t)$ et la mettre sous la forme : $\ddot{V}_s(t) + \alpha\dot{V}_s(t) + \omega_o^2 V_s(t) = \beta\ddot{V}_e(t)$ *avec* $\omega_o = \frac{1}{RC}$

Exprimer α et β. Etudier la stabilité.

C tron07 CCP.

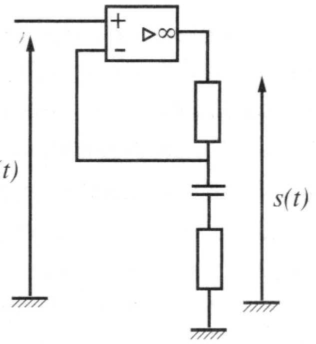


Pour t<0, toutes les grandeurs électriques sont nulles. A t=0, on ferme K.

1)décrire l'état électrique du système juste après la fermeture de K et au bout d'un temps très long (par rapport à quoi d'ailleurs ?)

2)Obtenir l'équation différentielle vérifiée par i(t). Dans quel cas a-t-on un régime transitoire pseudo-périodique ?

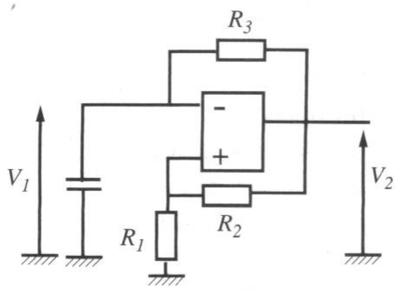
C tron08 Air PSI.** vicieux.



Calculer la fonction de transfert harmonique du circuit ci-contre. Quelle fonction pourrait remplir ce circuit ?

Pour t<0 e(t)=0. Pour t>0, e(t)=E_0. Déterminer s(t) en supposant le condensateur initialement déchargé.

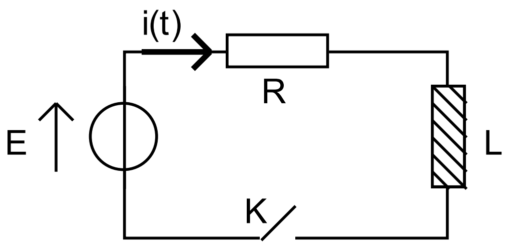
C tron12. Oscillateur.



L'AO est supposé idéal en saturation, on note C la capacité du condensateur. Mettre en évidence le comportement périodique des tensions V_1 et V_2.

Exprimer la période T en fonction de $\tau = R_3C$ et $\beta = \frac{R_1}{R_1+R_2}$.

C tron13.Ouverture d'un interrupteur.



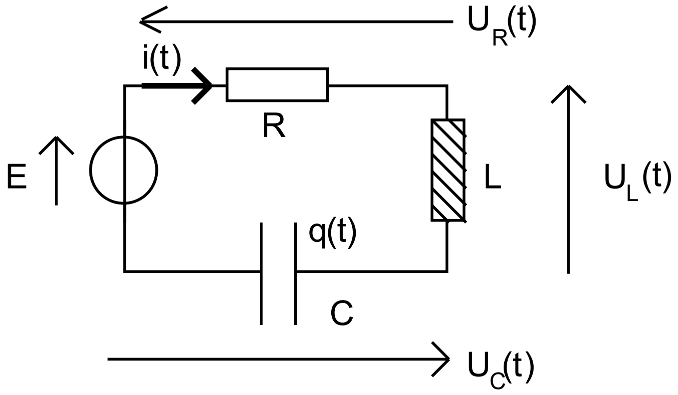


figure 1 figure 2

On place en série un générateur linéaire (E,r_G), une bobine d'inductance L et de résistance interne r_L et un interrupteur K. Pour les AN, on prendra : $E = 10V$; $R = r_G + r_L = 80\Omega$; $L = 100mH$.

On note i(t) le courant débité par le générateur en convention générateur et on a le montage équivalent de la figure 1. Le calcul littéral précédera toujours l'AN.
K est initialement fermé depuis très longtemps .

1)Avec le moins de calculs possibles, quelle est la valeur du courant ? Quelle est alors l'énergie magnétique E_0 emmagasinée dans la bobine. AN.

A l'instant t=0, on souhaite ouvrir K

2)En quoi cela pose-t-il problème avec le montage de la figure 1 ?

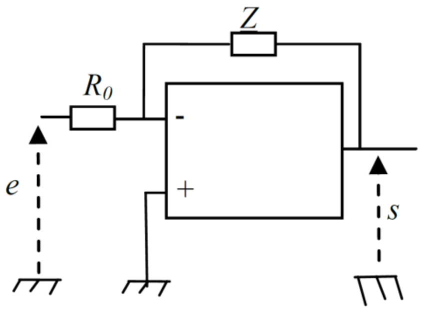
3)Justifier qu'on puisse assimiler l'interrupteur ouvert à un condensateur. On a alors le montage de la figure 2. On évalue la capacité de ce condensateur à $C = 10pF$. Justifier de même qu'on puisse supposer la tension aux bornes de K nulle à t=0.

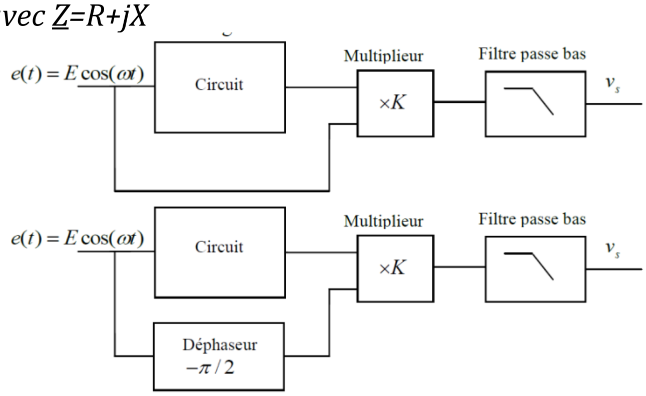
4)Exprimer juste avant puis juste après l'ouverture de K les valeurs du courant et des tensions définies à la figure 2. Quelles seront leurs valeurs au bout d'un temps infini ?

5)Ici, le régime transitoire est pseudo-périodique très faiblement amorti. Donner les aspects graphiques de i(t) et U_C(t). Quand le courant i s'annule pour la première fois, où est passé l'énergie magnétique E_0 contenue dans la bobine avant l'ouverture de K ? En déduire une évaluation de la tension U_C à ce moment-là. Conclusion.

C tron14.Détection synchrone.

On considère le circuit ci-dessous avec Z=R+jX

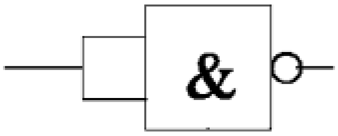


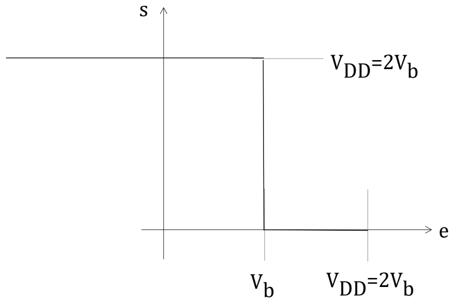


Il est inséré successivement dans les deux montages de droite.
Quel peut en être l'intérêt ? Il est important de réfléchir avant de se lancer dans les calculs qui devront être limités.

C tron15. Oscillateur à portes NAND ou NO.**.

La porte NO est une porte logique NAND pour laquelle les deux entrées sont identiques. le schéma et la caractéristique sont les suivants (e est l'entrée , s la sortie, le courant d'entrée est nul) :

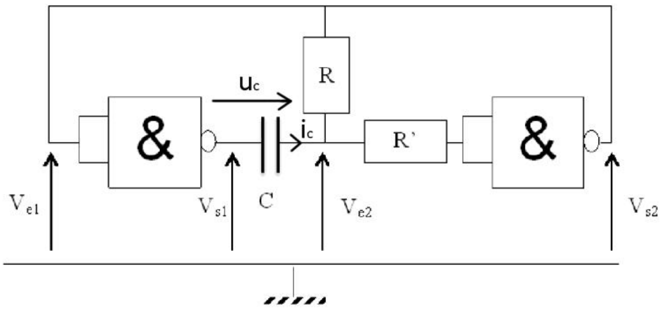




On rappelle : $V_{DD} = 2V_b$ *et on fera les calculs en fonction de* V_b.

Justifier le nom de porte NO dans le cadre de l'électronique numérique.

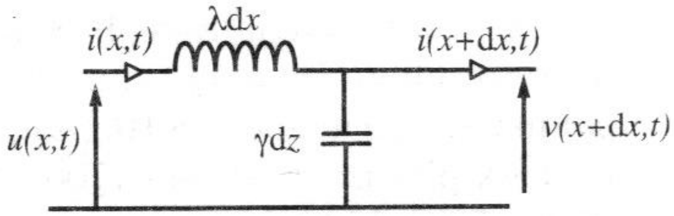
On réalise maintenant le montage suivant :



On peut prendre R=100kΩ, R'=1MΩ (protection de la seconde porte), C de 10 à 100nF.

Montrer qu'on obtient un système oscillatoire de période T telle que : $T = 2\tau ln(3)$
où τ *est à définir.*
Dessiner le chronogramme des tensions d'entrée et de sortie de la seconde porte NO.

D ondes01.Origine centrale MP

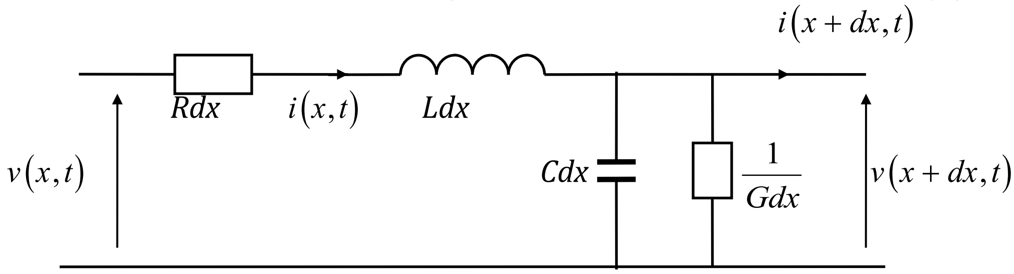


λ *et* γ *sont respectivement l'inductance linéique d'un câble coaxial et sa capacité linéique. Montrer que i(x,t) et u(x,t) vérifient une équation de propagation dont on donnera l'expression de la vitesse de propagation.*

A l'entrée du câble, on impose $u(0,t)=U_0\cos(\omega t)$. *Déterminer u(x,t) et i(x,t) dans le cas où le câble est de longueur infinie.*

D ondes02.

Un câble coaxial est constitué de deux surfaces conductrices cylindriques de même axe Oz, de rayons a et b (a < b). L'espace qui les sépare est rempli d'un isolant dont les propriétés électromagnétiques sont assimilées à celles du vide. L'inductance linéique L et la capacité linéique C sont données par les expressions : $L = \frac{\mu_0}{2\pi}\ln\frac{b}{a}$ et $C = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\left(b/a\right)}$. *Un élément de longueur dx possède par ailleurs une résistance Rdx car les conducteurs ne sont pas parfait et conductance Gdx car l'isolant n'est pas parfait. Le schéma équivalent d'un tronçon de ligne avec pertes est représenté sur la figure suivante :*



La tension entre les conducteurs et l'intensité du courant les parcourant sont notées $v(x,t)$ *et* $i(x,t)$ *à l'abscisse x et à l'instant t. La ligne est obtenue par mise en série d'une infinité de tronçons élémentaires de longueur dx très petite par rapport à la longueur d'onde λ des signaux qui s'y propagent afin que les lois de l'électrocinétique y soient applicables.*

1)Etablir les équations donnant $\frac{\partial v}{\partial x}$ *et* $\frac{\partial i}{\partial x}$ *en fonction de v, i,* $\frac{\partial v}{\partial t}$ *et* $\frac{\partial i}{\partial t}$ *au premier ordre et en déduire l'équation aux dérivées partielles vérifiée par* $v(x,t)$ *sous une des formes suivantes :*

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \pm LC\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \pm (RC+LG)\frac{\partial v}{\partial t} \pm RGv.$$

2)Les variations temporelles des signaux sont à présent sinusoïdales de pulsation ω *imposé par un générateur en début de ligne. Montrer que l'amplitude de la représentation complexe* $\underline{v}(x,t) = \underline{V}(x)\exp j\omega t$ *de la tension obéit à l'équation* $\frac{d^2\underline{V}}{dx^2} - \gamma^2\underline{V} = 0$ *où la constante* γ^2 *est complexe.*

a)En étudiant qualitativement γ^2*, montrer que les deux racines carrées peuvent s'écrire :* $\gamma_1 = k_1 + jk_2$ *et* $\gamma_2 = -\gamma_1$ *avec* k_1 *et* k_2 *réels positifs.*

b)Ecrire les solutions $\underline{V}_1(x)$ *et* $\underline{V}_2(x)$ *correspondant aux deux cas précédents puis les formes complètes* $\underline{v}_1(x,t)$ *et* $\underline{v}_2(x,t)$*.*

c)Interpréter les solutions trouvées et les rôles joués par k_1 *et* k_2 *sur la forme de l'onde trouvée.*

d)Comment va s'écrire une solution sinusoïdale quelconque ?

E th00. Conduction.

On modélise un mammifère par une sphère de rayon R. Ses cellules sont le siège de réactions exothermiques qui produisent une puissance thermique volumique p_v*. Au total, on a une puissance P qui maintient le mammifère à température constante. Il est situé dans l'eau de conductivité thermique λ et loin de l'animal, l'eau est à la température de* T_0*. On se place en régime permanent.*

1) Rappeler la loi de Fourier.

2) Trouver T(r), température dans l'eau à une distance r du centre du mammifère, en fonction de T_0*, λ et P. En déduire la température du mammifère* T_M*.*

3) Exprimer p_v *en fonction de* T_0*,* T_M*, λ et R.*

4) Expliquer pourquoi il ne peut pas exister de petit mammifère marin.

E th01 Conduction et isolation.**.

Une tige métallique de longueur L, de section circulaire de rayon a, de masse volumique μ, de capacité calorifique massique c_o, de température uniforme $\theta_T(t)$, se refroidit au contact de l'air à la température $\theta_{air} = 20°C$ constante.
Les transferts thermiques entre la tige et l'air sont de type conducto-convectif : la puissance thermique P transférée vers l'air par unité de surface latérale de la tige suit la loi : $P = h(\theta_T(t) - \theta_{air})$.

1)Quelle est la puissance thermique $P_T(t)$ cédée par la tige ?

2)Quelle est la constante de temps associée à ce refroidissement ?

3)Au départ θ(0)=100°C. Quel est le danger éventuel si on laisse la tige à l'air libre ?

Pour corriger le problème précédent, on entoure la tige d'un isolant (conductivité thermique λ) sur une épaisseur b. On suppose que la température dans l'isolant ne dépend que du temps et de la distance r à l'axe de la tige et est notée θ(r,t). La puissance thermique P_{th} transférée vers l'air par unité de surface latérale de l'isolant suit la loi précédente $P_{is}=h(\theta(r=b,t)-\theta_{air})$.

4)Donner un premier intérêt de l'isolant. Justifier qualitativement qu'on peut envisager un refroidissement plus rapide de la tige avec isolant que sans isolant.

E th03 ENSI

La Terre est une sphère homogène de rayon R_T=6400km, de conductivité thermique $\lambda=1,5 W.K^{-1}.m^{-1}$. Les matériaux radioactifs dégagent une puissance thermique volumique p uniforme et constante. On se place en régime stationnaire.
On donne le gradient de température en surface : $\frac{dT}{dr}(r = R_T) = -\frac{1}{32}\ K.m^{-1}$.
Calculer T(r). En déduire la température au centre de la Terre et la valeur de p. Commentaires.

E th04 CENTRALE.

Le plan horizontal x=0 sépare l'air (x<0) du sol (x>0) de conductivité thermique λ, de masse volumique μ, de capacité thermique massique c. On note $K = \frac{\lambda}{\mu c} = 7.10^{-7} SI$.

L'air impose une température de surface : $T(x = 0, t) = T_a + \theta_o cos(\omega t)$

a)Obtenir l'équation aux dérivées partielles vérifiée par la température T(x,t) pour x>0., puis pour $\theta(x,t)=T(x,t)-T_a$.

b)Proposer une forme de solution permanente de θ(x,t), en justifiant de l'utilisation de la notation complexe. Il apparaît une grandeur analogue à une distance notée δ.

c)Calculer δ pour la variation jour-nuit.

d)Au-delà de quelle profondeur les variations de température de surface sont-elles atténuées d'un facteur supérieur à 10.

E th07)*Une chouette peut être assimilée à une sphère de rayon 10cm, avec un plumage d'épaisseur 1cm. Elle tire son énergie du glucose $C_6H_{12}O_6$.*
Elle consomme son dioxygène à une vitesse de 0,3 cm^3 par gramme de masse corporelle et par heure.
Quelle doit être la conductivité thermique de son plumage pour maintenir sa température interne à 40°C sachant que la température extérieure est 2,5°C ?

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2(gaz) = 6CO_2(gaz) + 6H_2O(liq)$

Enthalpies standard de formation :

glucose	*-1273 kJ/mol*
dioxyde de carbone gaz	*-394 kJ/mol*
eau liquide	*-242 kJ/mol*

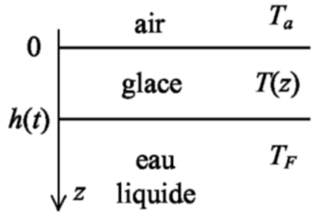
E th06 ENSI **.

Etude de la croissance d'une couche de glace d'épaisseur h(t) sur un lac. la température de l'air est θ_a=-10°C et celle de l'eau liquide θ_F=0°C. On donne la chaleur latente massique de fusion de la glace L_f, sa masse volumique μ, sa conductivité thermique λ. Sa capacité calorifique massique est supposée nulle.

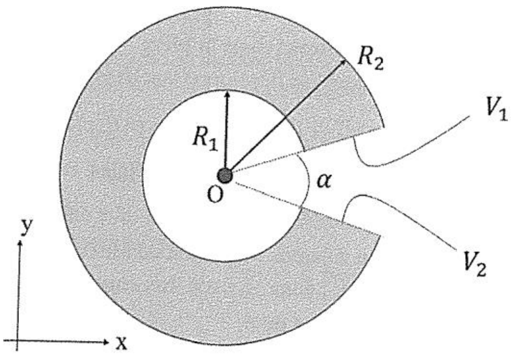
a)Interpréter cette dernière information.

b)Proposer une forme graphique pour T(z,t) en faisant les hypothèses nécessaires.

c)En déduire la loi d'évolution de h par rapport au temps t.



F emu0. Résistance d'une pièce trouée. Résolution de problème.



On considère une pièce de monnaie d'épaisseur h, trouée en son centre, constituée d'un métal de conductivité électrique γ. Elle comprend une entaille sciée selon une ouverture angulaire α très faible. On note R_1 le rayon intérieur et R_2 le rayon extérieur de la pièce. On note V_1 et V_2 les potentiels électriques de chaque côté de l'entaille.

Déterminer la résistance électrique de la pièce.

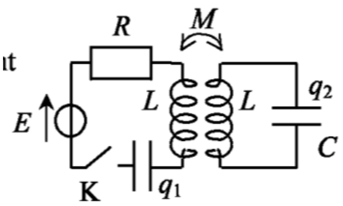
On donne le gradient en coordonnées cylindriques : $\overrightarrow{grad}(f) = \left(\frac{\partial f}{\partial r}\right)\vec{e}_r + \frac{1}{r}\left(\frac{\partial f}{\partial \theta}\right)\vec{e}_\theta + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)\vec{e}_z$

F emu02 circuits couplés.

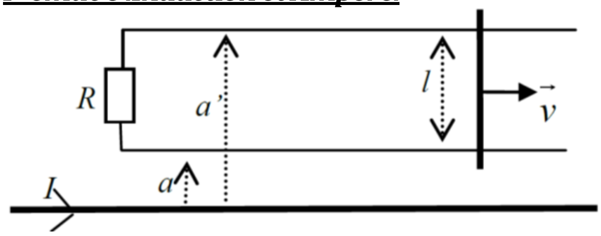
Les condensateurs sont déchargés. A l'instant t=0, on ferme K. Les deux condensateurs sont identiques, ainsi que les deux bobines supposées parfaites.

a)Déterminer l'évolution des charges $q_1(t)$ et $q_2(t)$ [ou les tensions associées] dans le cas où R=0.

b)Reprendre l'étude sans négliger R.



F emu06 .Induction et Ampère.



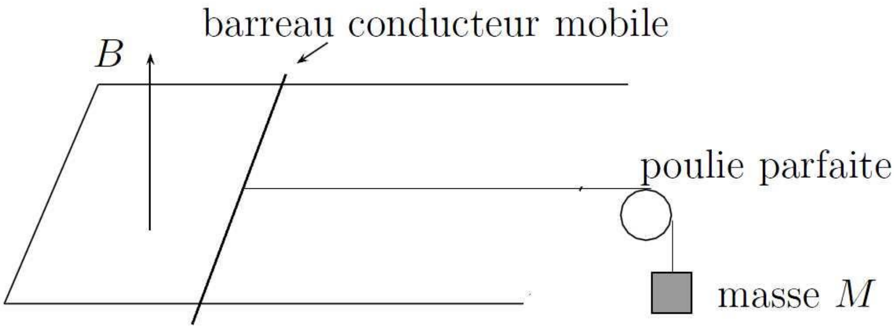
Quelle force doit exercer un opérateur extérieur sur la tige mobile pour maintenir sa vitesse constante ?

F emu07. Induction.

On s'intéresse à une ligne à haute tension, où un électricien veut allumer une ampoule grâce à des spires carrées.

1. *En considérant un fil éloigné de tous les autres, parcouru par un courant sinusoïdal de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 1kA, calculer le champ magnétique créé par le fil à une distance r de celui-ci. Dessiner les lignes de champs.*
2. $\mu_0 = 4.\pi.10^{-7}$ $U.S.I.$ *Que représente cette grandeur ? Quelle est son unité ?*
3. *Soit une spire carrée de coté a=30cm, fermée sur un voltmètre. Comment l'électricien doit-il placer la spire pour obtenir une valeur de tension maximale ? Doit-il placer le voltmètre en mode AC ou DC ?*
4. *L'ampoule s'allume si la valeur de la tension affichée vaut au moins 1.5 V. L'électricien place la spire à une distance d=2cm du fil. Combien de spires doit-il placer pour que l'ampoule s'allume ?*

F emu 08..***



On considère un barreau conducteur mobile de résistance totale R et de masse m pouvant glisser sans frottement sur deux rails horizontaux métalliques séparés de la distance h. A gauche, les deux rails sont reliés par un autre rail métallique. On négligera la résistance des rails métalliques.

Dans cette zone d'espace , il règne un champ magnétique uniforme et constant orienté selon la verticale ascendante.

On suppose la poulie parfaite, ce qui implique que la tension du fil inextensible est constante en norme le long du fil.

Pour t<0, l'ensemble est immobile.
A l'instant t=0, on libère la masse M

Etudier le mouvement ultérieur du barreau conducteur.

F ondes03 ENSAM.

On considère le plan z=0 chargé avec la densité surfacique σ (en C.m^{-2}) et parcouru par une densité de courant surfacique $\vec{J_s}$ (en A.m^{-1} attention danger). On donne :

$$\vec{E}(z=0^+)-\vec{E}(z=0^-)=\frac{\sigma}{\varepsilon_o}\vec{e}_z \quad et \quad \vec{B}(z=0^+)-\vec{B}(z=0^-)=\mu_o\vec{J}_s\wedge\vec{e}_z$$

Un conducteur parfait occupe le demi-espace z>0. Une OPPH atteint la surface du conducteur en incidence normale. On écrit son champ électrique sous la forme :

$$\underline{\vec{E}_i}=E_o exp[j(\omega t-kz)]\vec{e}_x$$

a)Caractériser le champ électromagnétique dans le métal.
b)Calculer le champ magnétique de l'onde incidente.
c)Prédire l'existence d'une autre onde dont on donnera les caractéristiques.
d)En déduire les valeurs de σ et de $\vec{J_s}$ en z=0.
e)On donne l'expression de la force exercée par l'onde sur une section droite dS de métal en z=0:

$$d\vec{F}=\frac{1}{2}\{\sigma\vec{E}+\vec{J}_s\wedge\vec{B}\}.dS$$

Définir maintenant une pression de radiation dont on donnera la valeur en fonction notamment de la puissance surfacique de l'onde incidente.
Application à un faisceau LASER de puissance 75mW et de section droite 0,4mm^2.

F ondes04.

Le système de localisation GPS est si précis qu'il est nécessaire de prendre en compte la dispersion due à la traversée de l'ionosphère. cette dernière, d'épaisseur H, est un plasma localement neutre. L'espace est assimilé à du vide en-dehors de l'ionosphère d'épaisseur H variable dans le temps.
On envisage la traversée de ce plasma par une OPPH de pulsation ω et de nombre d'onde k.

1)Décrire de façon plus précise un plasma. Ce milieu est conducteur électrique. Quelle particule est principalement responsable de sa conduction électrique ?
On notera m, q, n la masse, la charge, la densité particulaire de cette particule.

2)Les calculs, non abordés ici, donnent la relation suivante :

$$k^2c^2=\omega^2-\omega_P^2$$

où c est la vitesse de la lumière dans le vide et $\omega_P=2\pi f_P$ une pulsation à exprimer de façon simple en fonction de n,q,m et ε_0. On rappelle $\mu_0\varepsilon_0 c^2=1$.

a)Comment appelle-t-on une telle relation ? Pourquoi ω_p est-elle appelée pulsation de coupure ?
b)Calculer alors la vitesse de groupe v_g. Quelle est la signification de cette vitesse ?

3)Une onde électromagnétique de pulsation $\omega>>\omega_P$ est envoyée par un satellite vers la Terre (voir dessin). Quel temps τ met-elle pour parcourir la distance D selon qu'on tient compte de l'ionosphère ou non ?

4)Pour prendre en compte la dispersion ionosphérique, on envoie 2 trains d'ondes de fréquence f_1 et f_2 et on mesure notamment l'écart $\Delta\tau$ entre leurs temps de parcours.
Exprimer $\Delta\tau$ avec $f_2>f_1\gg f_P$.

5)En déduire une méthode pour mesurer D.

F ondes06.

Soit un guide d'onde rectangulaire, de côté horizontal a=2,5cm et de côté vertical b=a/2. On place l'origine O à l'intersection des diagonales du rectangle.
A l'intérieur du guide règne un champ $\vec{E}=E_o.cos\left(\frac{\pi x}{a}\right).exp[j(\omega t-kz)]\vec{e}_y$
ω est associé à λ_o=3cm, longueur d'onde qu'aurait l'onde dans le vide; montrer que la propagation est possible.
Le champ maximal admissible est $E_M=3.10^6$ SI. Calculer la puissance maximale transportée par le guide sans qu'il y ait d'étincelles.

F ondes07.

Une onde électromagnétique se propage dans le vide selon l'axe Oz entre les deux plans métalliques x=0 et x=a. Son champ électrique a la forme suivante : $\vec{E} = E_o.sin\left(\frac{\pi x}{a}\right).cos(\omega t - kz)\vec{e}_y$

1)Exprimer la relation liant k et ω*. Quelle est d'ailleurs le nom de cette relation ? A quelle condition sur* ω *peut-il y avoir propagation ?*

2)Définir et exprimer les vitesses de phase et de groupe. Le milieu est-il dispersif ?

3)On considère maintenant la superposition de deux ondes du même type que la précédente (même amplitude et expression analogue) et de pulsation respectives $\omega_1=\omega_0-\Delta\omega$ *et* $\omega_2=\omega_0+\Delta\omega$ *. Déterminer l'expression du champ électrique total. Peut-on faire apparaître la vitesse de groupe en* $\omega=\omega_0$ *dans cette expression ?*

F Ondes 08)

Le plan z=0 est un dioptre plan séparant deux milieux d'indice n_1 *(pour z<0) et d'indice* n_2 *(pour z>0). Une OPPH incidente se propageant selon les z croissants arrive en incidence normale sur le dipotre et donne alors naissance à une onde réfléchie et une onde transmise.*

On propose les écritures suivantes pour les champs électriques des différentes ondes :

Onde incidente : $\underline{\vec{E}_i}(z \leq 0) = E_{oi}exp[j(\omega t - k_1 z)]\vec{e}_x$

Onde réfléchie : $\underline{\vec{E}_r}(z \leq 0) = \underline{\vec{E}_{or}}exp[j(\omega t + k_1 z)]$

Onde transmise : $\underline{\vec{E}_t}(z \geq 0) = \underline{\vec{E}_{ot}}exp[j(\omega t - k_2 z)]$

a)Expliquer les écritures proposées et exprimer rapidement les champs magnétiques associés.

b)On suppose la continuité des composantes tangentielles du champ électrique et du champ magnétique à la traversée du dioptre. Montrer qu'on obtient :

$$\underline{\vec{E}_{or}} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}E_{oi}\vec{e}_x = r_E E_{oi}\vec{e}_x \quad et \quad \underline{\vec{E}_{ot}} = \frac{2n_1}{n_1 + n_2}E_{oi}\vec{e}_x = t_E E_{oi}\vec{e}_x$$

c)On définit R le coefficient de réflexion en énergie, et T le coefficient de transmission en énergie. Montrer :

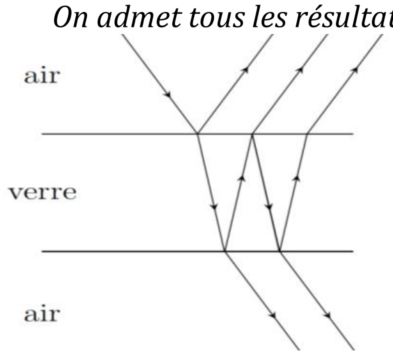
$$R = r_E^2 = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2 \quad et \quad T = \frac{n_2}{n_1}t_E^2 = \frac{4n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2}$$

Commentaires sur ces deux formules.

Exemple : dioptre air (1)-verre(≈1,5)

F Ondes 08 bis)Résolution de problème associée.

On admet tous les résultats de l'exercice précédent.



On considère un verre de lunette. On suppose les deux dioptres plans. Expliquer la figure ci-dessus où les rayons arrivent quasiment en incidence normale.

On s'intéresse maintenant aux rayons réfléchis. Expliquer pourquoi on peut se limiter aux deux premiers. Expliquer le principe d'une couche anti-reflet d'indice n_0 *qu'on ajouterait sur le verre et proposer une épaisseur possible.*

F Physique moderne1)*On considère une onde électromagnétique monochromatique de fréquence ν comme un faisceau de photons se propageant dans la direction et le sens de $\vec{u}_x$.*

On note h=6,62 10^{-34} SI et c=3.10^8 m.s^{-1}.

L'énergie d'un tel photon est $h\nu$ et sa quantité de mouvement $\dfrac{h\nu}{c}\vec{u}_x$

1)N_0 est le nombre de photons traversant l'unité de surface perpendiculaire à Ox, pendant l'unité de temps. Que représente $\phi=N_0h\nu$?

2)L'onde arrive sur une surface plane perpendiculaire à Ox , d'aire s, fixe dans le référentiel, parfaitement réfléchissante. On étudie le rebondissement des photons incidents sur cette surface qui repartent alors dans l'autre sens.

2a- Quelle est la quantité de mouvement reçue par la paroi au cours d'un choc photon-paroi ?

2b- Quelle est la quantité de mouvement reçue par la paroi pendant une durée τ? Quelle est la force $\vec{F}$ subie par la paroi en fonction ϕ, s et c? Quelle est la pression p_{rad} subie par la paroi, en fonction de ϕ et c ?

3)On cherche à évaluer les performances d'une voile solaire dans un but d'exploration spatiale. On considère un vaisseau de masse totale m=100kg muni d'une voile solaire de surface S soumis seulement à l'influence du Soleil.

Les données sont les suivantes :
Masse du soleil : M_S=$2,0.10^{30}$kg Masse de la Terre : M_T=$6,0.10^{24}$kg
Constante universelle de gravitation : G=$6,7.10^{-11}$SI.
La puissance lumineuse émise par le Soleil est P=4.10^{24} W.
La Terre se situe à une distance d=$1,5.10^{11}$m du Soleil définissant ainsi l'unité astronique UA.

On lâche le vaisseau au niveau de l'orbite de la Terre avec une vitesse nulle dans le référentiel héliocentrique, en maintenant sa voile orthogonale au flux de photons.

Etudier le mouvement ultérieur de la sonde (**). On montrera que la distance r entre la sonde est le Soleil suit la loi : $\ddot{r}=\frac{\alpha}{r^2}$. Pour les AN, on prendra : $\alpha=10^{20}$ SI.

Mettre en évidence l'existence d'une vitesse limite de la sonde.

Cette sonde doit atteindre l'orbite de Neptune (30UA du Soleil) au bout de 4 ans. Est-ce compatible avec la valeur de α fournie ?

Au bout de combien de temps (simple évaluation), le vaisseau :

a)atteint-il la frontière du Système Solaire (120UA du Soleil) ?

b)atteint-il l'étoile la plus proche du Soleil à 4,5 années-lumière du système solaire ?

G flu01 ENSI.

Une fusée a une masse m_o=200kg à vide. La masse initiale de carburant est m_c=100kg. La vitesse d'éjection des gaz par rapport à la tuyère est u=1km/s. et le débit massique d'éjection de matière est noté Q. La fusée est immobile au sol quand on lance le moteur-fusée.

a)Calculer la force de poussée exercée sur la fusée.

b)Calculer Q_{min} la valeur minimale de Q pour que la fusée décolle.

c)Pour Q=$1,2Q_{min}$, calculer la vitesse maximale atteint par la fusée en fonction des données.

G flu02 viscosité. ccp.

On considère une bille de masse m, de rayon b, placée dans un fluide de masse volumique μ et de viscosité η. La bille est suspendue à un ressort de raideur k et de longueur à vide ℓ_o. La bille subit de la part du liquide une force de frottement fluide donnée par la loi de Stokes $\vec{f} = -6\pi\eta b\vec{v}$.

1)Exprimer la longueur ℓ_e du ressort à l'équilibre.

2)On note z l'allongement du ressort par rapport à la position d'équilibre. Montrer que z(t) vérifie une équation différentielle du type : $\ddot{z} + 2\lambda\omega_o\dot{z} + \omega_o^2 z = 0$ où λ et ω_0 sont des constantes positives à exprimer.

3)A quelle condition sur λ obtient-on des oscillons sinusoïdales pures ? Exprimer alors la période T_0 de ces oscillations.

3)A quelle condition sur λ obtient-on des oscillations pseudo-sinusoïdales ? Exprimer alors leur pseudo-période T en fonction de T_0 et de λ.

4)En déduire un protocole de mesure de η.

G flu04)

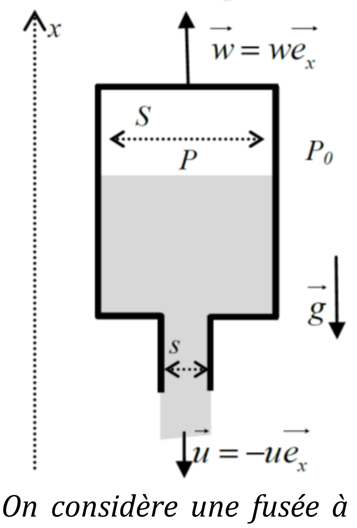
On peut faire léviter une balle de ping-pong dans l'écoulement d'air créé par un sèche-cheveux. Dans les conditions usuelles, l'air peut être considéré comme un gaz parfait de masse molaire $M=29 g.mol^{-1}$ et de viscosité $\eta=1,2.10^{-5}$SI. La balle de ping-pong standard possède un diamètre de 40mm pour une masse m=2,7g. Le sèche-cheveux a un diamètre de sortie de 5cm et un débit d'air $D_v=80 m^3/h$ à pleine puissance. On supposera le jet d'air vertical vers le haut.

1)Quel est le régime d'écoulement attendu ?

2)Pour la force de traînée, on prendra C=0,4. Montrer que la lévitation de la balle est possible.

3)Expérimentalement, la hauteur de lévitation par rapport à la sortie du sèche-cheveu se stabilise à h=20cm. Expliquer.

G flu05.Propulsion d'une fusée à eau.



On considère une fusée à eau formée par une bouteille retournée contenant dans sa partie inférieur de l'eau (de masse volumique μ et de volume initial Vei) et de l'air dans sa partie supérieure (de pression et de volume initiaux: Pi et Vi).

La bouteille seule a une masse m_0 et un volume V_0. La section de la bouteille est S et celle du goulot est s.

On note $\vec{u} = -u\vec{e}_x$ la vitesse d'éjection de l'eau par rapport à la bouteille et $\vec{w} = w\vec{e}_x$ la vitesse de la bouteille. On note P et V les pression et volume d'air dans la bouteille pendant la transformation. Les conditions initiales sont données et on assimile l'air à un gaz parfait avec le rapport γ=Cp/Cv=1,4 constant. La masse totale de l'ensemble à un moment donné est m.

1)Expliquer l'origine de l'équation : $m\frac{dw}{dt} = -mg - u.\frac{dm}{dt}$.

2)Donner les hypothèses simplificatrices permettant de trouver : $u = \sqrt{\frac{2(P-P_0)}{\mu}}$.

3)Quelles hypothèses doit-on donner pour exprimer u en fonction de V, des conditions initiales et des caractéristiques de l'air ? Trouver l'expression de u(V).

4)Exprimer la masse m en fonction de V et des données. Des approximations pourront être nécessaires.

5)Trouver la relation entre (dV/dt) et u.

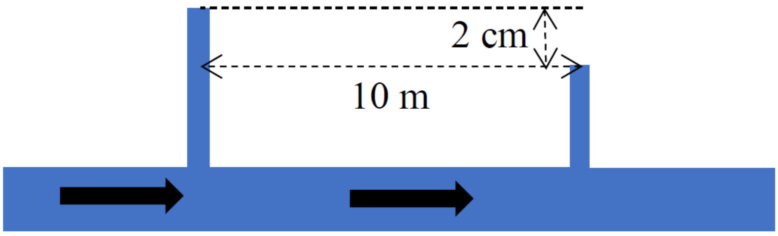
6)Justifier que le système d'équation est maintenant complet pour trouver w(t).

G flu06.

On a un château d'eau de hauteur H = 20 m et de surface de 35 m² dans sa partie supérieure. En bas l'eau sort dans une conduite cylindrique horizontale de section S=10^{-3} m², qui acheminent l'eau à un village situé à 1 km.

1) Calculer le débit maximal que l'on peut attendre en bas du château d'eau, c'est-à-dire en tout début de conduite horizontale.

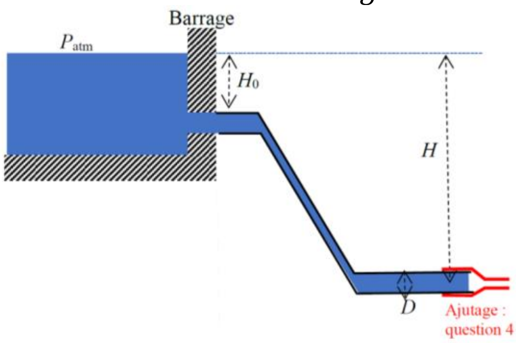
2) On veut conserver ce débit le long des 1 km de canalisation. Pour cela on utilise une pompe. Pour estimer la puissance nécessaire de la pompe, on place deux conduites verticales distantes de 10m le long de la canalisation. On observe une différence de hauteur d'eau de 2cm. Déterminer la puissance de pompe nécessaire, commenter l'ordre de grandeur.



G flu07.

1) Enoncer la relation de Bernoulli et ses conditions d'utilisation.

De l'eau s'écoule d'un barrage à travers une conduite de section constante :



2) Déterminer la vitesse de l'eau à travers la conduite de section supposée constante.

3) A quel endroit y a-t-il cavitation et pourquoi ?

4) On rajoute un ajutage en bout de la conduite. Déterminer son diamètre maximal d_0 pour qu'il n'y ait plus de cavitation.

G ondes05.

On s'intéresse dans l'air ou l'eau à la propagation d'une onde sonore selon l'axe Ox. En présence d'une onde sonore, le champ de vitesse de l'air est supposé le suivant : $\vec{u}(x,t) = u(x,t)\vec{e}_x$. *On note* $\rho(x,t)=(\mu_o+\mu(x,t))$ *la masse volumique et* $P(x,t)=P_o+p(x,t)$ *la pression.*

Les équations vérifiées par les différentes grandeurs prennent les formes approchées suivantes dans le cadre de l'approximation acoustique :

$$\frac{\partial \mu}{\partial t} + \mu_o \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \qquad \mu_o \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x} \qquad \chi_S = \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial P}\right)_S \approx \frac{1}{\mu_o}\left(\frac{\mu}{p}\right)$$

où χ_S *est une constante positive.*

a)Rappeler l'approximation acoustique et expliquer l'origine physique des équations fournies.

b)Montrer que p(x,t) vérifie l'équation d'onde dont on donnera la vitesse de propagation c.

c)Si on tient compte des frottements , une force de viscosité apparaît dont l'expression volumique est $\vec{f}_v = \eta \Delta \vec{u}$, *où* η *est un coefficient positif. Quelle équation est modifiée et comment ? En déduire la nouvelle équation vérifiée par p(x,t).*

d)On cherche une solution en $\underline{p}(x,t) = p_o exp\{j(\omega t - kx)\}$.

Montrer alors qu'on obtient : $\underline{k}^2 = \frac{\omega^2}{c^2}\frac{1}{1+j\omega\tau}$ *où* τ *est à exprimer. Comment s'appelle une telle relation ?*

Si $\omega\tau \ll 1$, on peut sortir $k \approx \frac{\omega}{c}\left(1 - j\frac{\omega\tau}{2}\right)$. Expliquer et interpréter le résultat obtenu.

e)On donne $\tau_{eau} \approx 5 \times 10^{-13}$ *SI,* $\tau_{air} \approx 10^{-10}$ *SI,* $c_{eau} \approx 1500$ *SI, ,* $c_{air} \approx 340$ *SI*

Comparer les distances caractéristiques d'atténuation de l'onde sonore dans l'air et dans l'eau.

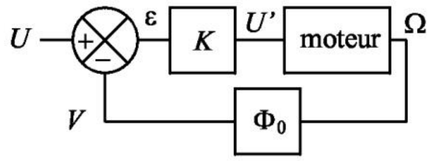
H asservissement moteur.

Soit un moteur à courant continu dont on néglige la résistance d'induit et alimenté par une tension U. Son moment d'inertie est $J=2.10^{-3}$*SI, sa constante de couplage* $\phi_o=0,1$ *V.s, sa vitesse angulaire de rotation est* ω *et sa résistance d'induit est* $R=2\Omega$. *Un échelon de tension* $U_o=10V$ *est imposé.*

a)Décrire l'évolution de $\omega(t)$ *en supposant* $\omega(0)=0$. *AN.*

b)Le moteur entraîne maintenant une charge de couple résistant $C_o=1N.m$ *. Quels changements par rapport au cas précédent ?*

c)Le moteur est bouclé de la manière suivante avec K=4. Comparer de façon qualitative et quantitative l'évolution de la vitesse du moteur avec ou sans charge.



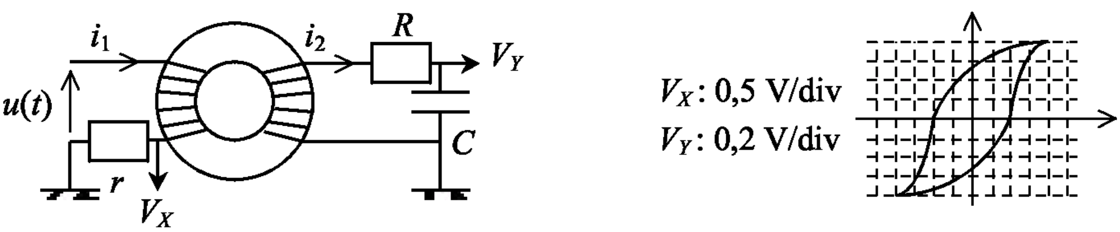
H hystérésis ENSI.

Pour le montage suivant, on donne : la longueur moyenne du tore ferromagnétique $\ell = 25cm$, *la sections=5cm*^{2}, $N_1=200$ *le nombre de spires au primaire et* $N_2=100$ *celui du secondaire.* $r=4\Omega$.

a)Expliquer comment ce montage permet la visualisation du cycle d'hystérésis du matériau avec un oscilloscope.

b)Le signal u(t) est sinusoïdal de fréquence f=50Hz. $R=50k\Omega$, $C=10\mu F$. *Le quadripole RC joue-t-il le rôle prévu dans la question précédente ? Donner H et B en fonction de* V_X *et de* V_Y.

c)Définir et donner les valeurs des champs coercitifs et rémanent. Evaluer la puissance dissipée dans le tore par unité de volume.



Ha hacheur Centrale.

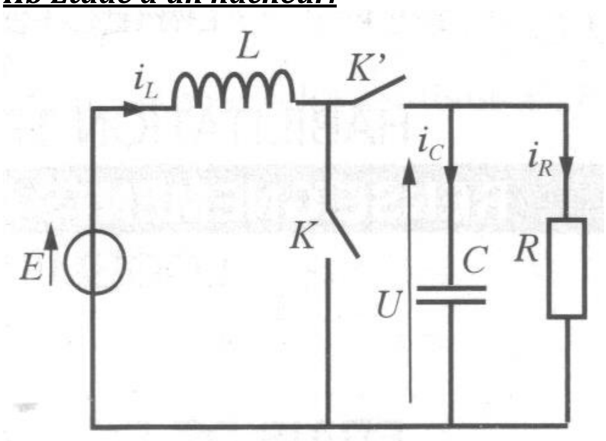
On alimente un moteur à courant continu de fcem E=150V avec une source de fem E_o=480V à l'aide d'un hacheur de période T=5ms. La résistance d'induit du moteur est négligée. L'intensité traversant le moteur a pour valeur moyenne I_{moy}=80A et une ondulation ΔI=5A.

1)Décrire le hacheur utilisé. Pourquoi met-on une inductance L dite de lissage.

2)Fournir les chronogrammes de l'intensité traversant le moteur et de l'intensité fournie par la source.

3)Calculer le rapport cyclique et la valeur de L.

Hb Etude d'un hacheur.



On considère connu E=50 V, T=50µs et α compris entre 0 et 1. Dans l'étude théorique, on suppose que U est une constante et que i_L ne s'annule jamais.

La séquence d'ouverture-fermeture des interrupteurs est définie de la façon suivante :
0<t<αT K ouvert et K' fermé. Inversion pour l'intervalle complémentaire.

1)Déterminer les expressions de i_L sur une période. On notera I_{min} et I_{max} ses valeurs minimale et maximale. Tracer le chronogramme de i_L. Déterminer la valeur de U en fonction de α et de E.
Quelle est la nature des deux interrupteurs K et K' ?

2)On règle α=0,6. la puissance moyenne fournie par la source de tension E est alors P=150W. On accepte une ondulation $\Delta i_L=I_{max}-I_{min}$ au plus égale à 0,3A.

a)Déterminer la valeur minimale de L .

b)Pour cette valeur minimale, déterminer I_{max} et I_{min}.

c)Décrire l'évolution de U(t) sur une période.

Hc Conversion de puissance. Moteurs. ccp psi (**).

Un moteur de moment d'inertie J fournit en fonctionnement une fcem E et possède une résistance R. On suppose qu'à tout moment , il est possible de connaître la tension U aux bornes du moteur , l'intensité I qui le traverse, et sa vitesse de rotation Ω.

1)Donner un protocole expérimental permettant de mettre en évidence la relation $E=\phi_0\Omega$.

2)Comment pourra-t-on alors calculer le couple moteur Γ_M ?

3)Comment pourra-t-on remonter à la mesure de J ?

4)On considère un système matériel M de masse m suspendue à un fil inextensible enroulé autour d'un cylindre de rayon R mis en mouvement par la moteur. On note z(t) l'altitude du système matériel.

a)Faire un dessin du système.

b)Relier la vitesse de rotation du moteur à la vitesse de M.

c)Exprimer la tension T du fil en fonction de m, l'accélération de la pesanteur g, et une dérivée temporelle de z.

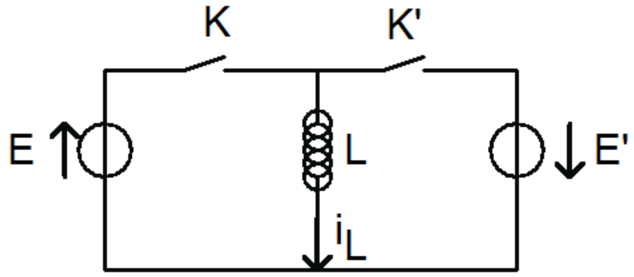
d)En déduire l'équation différentielle vérifiée par z(t). Discuter qualitativement de l'évolution de z(t).

Hd Hacheur indirect à stockage inductif.

On souhaite étudier ici un convertisseur continu-continu (hacheur) permettant un transfert contrôlé de puissance d'une source de tension E=100V vers une autre source E'=3E. Le hacheur est constitué d'une bobine supposée parfaite d'inductance L et de deux interrupteurs K et K' supposés aussi parfaits.

Le fonctionnement des interrupteurs est périodique de période T=1ms. α, compris entre 0 et 1 est le rapport cyclique. K est fermé pour $t\in[0\ \ \alpha T[$ et ouvert sur l'intervalle complémentaire.

Le montage est le suivant :



Pour toute la suite, on suppose le régime périodique établi et on suppose i_L toujours strictement positif.

1)Comment fonctionne alors l'interrupteur K' ? Qu'est-il en fait et comment est-il branché? Expliquer alors comment la source E' reçoit effectivement de l'énergie de la source E.

2) On suppose que l'intensité dans la bobine i_L est toujours strictement positive.

a)Etudier l'évolution temporelle de $i_L(t)$ au cours d'une période et préciser la valeur α_o de α compatible.

b)La puissance moyenne transférée doit être P=1kW. Préciser la valeur I_L, valeur moyenne de $i_L(t)$ sur une période.

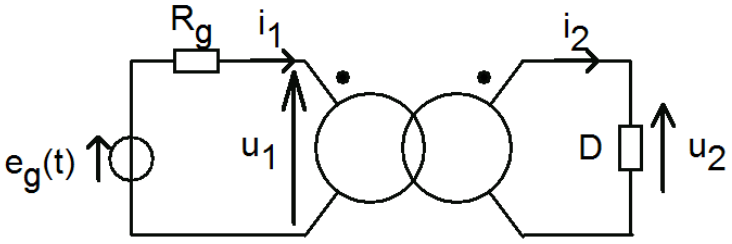
c)On désire également que l'ondulation de courant $\Delta i_L=i_{Lmax}-i_{Lmin}$ ne dépasse pas 5% de la valeur moyenne I_L. Préciser la valeur minimale à prévoir pour L et indiquer le qualificatif que l'on peut alors donner à la bobine.

He Transformateur et transfert de puissance.

On étudie le transfert de puissance en régime sinusoïdal d'une source $e_g(t)=E.\cos(\omega t)$ et résistance interne R_g vers une charge D d'impédance complexe $\underline{Z_u}=R_u+jX_u$.

1)On considère tout d'abord un branchement direct. Déterminer en régime sinusoïdal permanent la puissance moyenne reçue par la charge. Simplifier cette expression dans le cas où $R_u=2R_g$ et $X_u=0$.

2)On insère maintenant entre la source et la charge un transformateur supposé parfait de rapport de transformation m. Le schéma est le suivant :



a)Déterminer en notation complexe la tension aux bornes de la charge ainsi que l'intensité du courant au secondaire. En déduire l'expression de la puissance moyenne transférée à la charge.

b)Déterminer m permettant de rendre maximale cette puissance moyenne. La simplifier dans le cas de la question 1. Commentaire.

Hg Pertes par hystérésis.** .

On considère un circuit magnétique en forme de tore, de section droite S, de longueur moyenne ℓ. Sur ce tore , on enroule N spires de fil électrique. Une source extérieure envoie un courant i(t) dans les spires et on note u(t) la tension aux bornes des spires en convention récepteur, t étant le temps. On suppose, dans le matériau magnétique, les champs $\vec{B}$ et $\vec{H}$ sont orthoradiaux. On écrira donc :

$\vec{B} = B(t)\vec{u}_\theta$ et $\vec{H} = H(t)\vec{u}_\theta$.

1)Qu'a-t-on supposé en plus ici ? Faire un dessin.

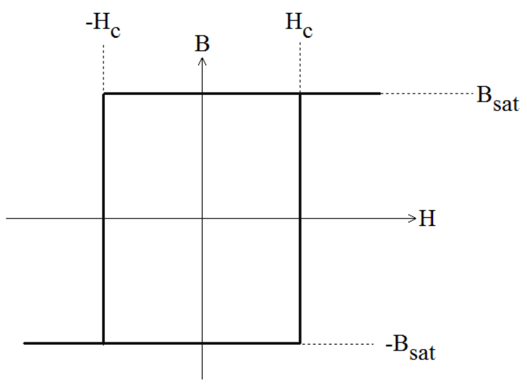
2)Relier les grandeurs électriques et les grandeurs magnétiques en négligeant l'aspect résistif des spires. Exprimer la puissance p(t) fournie par la source extérieure en fonction des grandeurs magnétiques.

On se place maintenant en régime périodique de période T.

3)Si on suppose le milieu magnétique linéaire, combien vaut l'énergie fournie par la source sur une période ?

4)Si l'amplitude du courant est trop importante, la relation entre B et H se complique. Dessiner une forme typique de B=B(H).

5)On simplifie la forme précédente par :



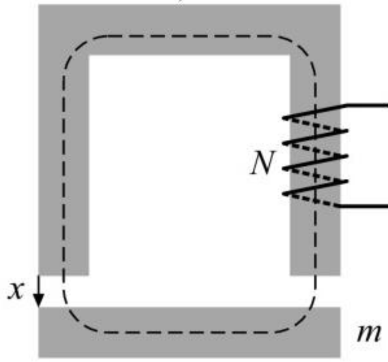
Pour une amplitude de courant suffisamment élevée, exprimer la puissance électrique moyenne fournie par la source en fonction notamment :

a)du volume typique du matériau magnétique,

b)du produit $B_{sat}.H_c$ dont on donnera l'unité,

c)de la fréquence du signal électrique.

Hf ELECTRO-AIMANT .



En supposant le milieu linéaire avec μ_r>>1, montrer que la force d'attraction de la partie fixe supérieure sur la partie mobile inférieure se met sous la forme :

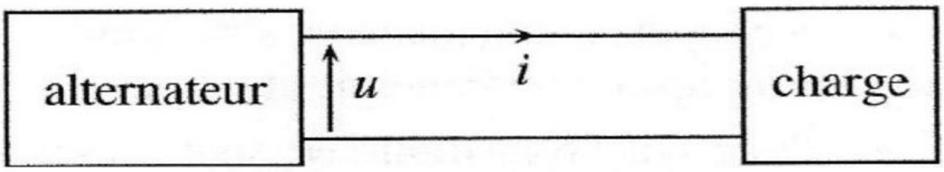
$$F = -\frac{B^2 S}{\mu_o}$$

*où B est le champ magnétique dans le milieu et S la section droite du matériau magnétique. Quelle est l'ordre de grandeur typique de la valeur maximale de B ? En déduire la pression maximale que peut exercer un électro-aiman*t.

Hh Alternateur synchrone .

Un alternateur synchrone diphasé délivre une tension sinusoïdale de fréquence $f = 50$ Hz.
Par construction, dans une phase statorique :
la résistance est négligeable ;
l'inductance L est telle que $L\omega = 1{,}6\Omega$ à $f = 50$ Hz;
la valeur efficace de la f.é.m. induite est $E_{eff} = M_0 I_r \omega$, où I_r est l'intensité du courant rotorique.

L'alternateur alimente une charge purement résistive R. La valeur efficace de la tension délivrée par l'alternateur est alors $U_{eff} = 110$ V et la valeur efficace du courant débité est $I_{eff} = 30$ A.



1. Quelles sont les caractéristiques du matériau ferromagnétique constitutif de l'alternateur?
2. Proposer un schéma électrique du système, sur lequel figurent le modèle électrique de l'alternateur, la charge, la tension u et l'intensité i du courant délivré par la MS à R.
3. Calculer la vitesse de rotation n du rotor, en tour. min^{-1}.
4. Calculer, avec un diagramme de Fresnel, la valeur efficace de la f.é.m. de l'alternateur.
5. L'intensité I_r du courant rotorique est $I_r = 1{,}0$ A. En déduire M_0.
6. Calculer la résistance R de la charge ainsi que la puissance P qu'elle absorbe.
7. Calculer le couple mécanique qui s'exerce sur le rotor. On notera ψ le déphasage entre la f.é.m. e et le courant d'intensité i.

K ch01 CCP PSI

Silicium Si. Numéro atomique Z=14.

1)Donner la structure électronique de Si, la comparer à celle du carbone (Z=6).

2)Si cristallise sous la structure diamant : cfc plus 1 site tétraédrique occupé sur 2.

a)Dessin.

b)Nombre d'atomes par maille.

c)Calculer la compacité. Commentaires.

K ch03.

Dans une enceinte de volume V=6L, maintenu à T_1=900K, initialement vide, on introduit 2 moles de HI gazeux. HI peut se dissocier en I_2 et H_2 tous deux gazeux.

a)Ecrire la réaction chimique de décomposition de HI avec les coefficients stoechiométriques entiers les plus faibles.

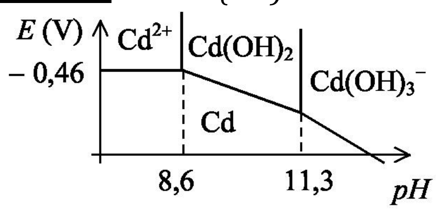
b)Dans l'expérience décrite, la pression en H_2 à l'équilibre vaut $P(H_2)$=3,1 bars. Calculer alors la pression totale, le coefficient de dissociation de HI et la constante d'équilibre K_1.

c)On recommence l'expérience dans les mêmes conditions avec initialement 2 mol de HI, 1 mol de I_2 et 1 mol de H_2. Dans quel sens le système réactionnel évolue-t-il ?

d)Pour T_2=769K, la constante d'équilibre vaut K_2=0,0218. A quelles grandeurs pourraient-on avoir accès ?

e)Expliquer la différence entre : ΔG , $\Delta_r G, \Delta_r G°$

K ch04 . *Cd et $Cd(OH)_2$ sont solides, les autres espèces sont solubles.*



On donne le diagramme E-pH du cadmium pour une concentration c_o=0,01 mol.L^{-1}.

a)Déterminer le potentiel standard du couple Cd^{2+}/Cd.

b)Déterminer le produit de solubilité de $Cd(OH)_{2(s)}$

c)Déterminer la constante de formation du complexe $Cd(OH)_3^-$.

d)Déterminer les pentes des segments du diagramme.

e)On met du cadmium métal en contact avec de l'eau . Que va-t-il se passer ?

K ch05 ENSI.

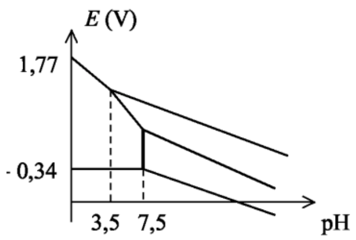
On envisage le diagramme potentiel-pH du nickel pour une concentration c_o=10^{-3} mol.L^{-1}. Les espèces prises en compte sont : $Ni_{(s)}$; Ni^{2+} ; $Ni_2O_{3(s)}$; $Ni(OH)_{2(s)}$; $NiO_{2(s)}$.

a)Placer les espèces sur le diagramme fourni en fournissant les explications nécessaires.

b)Calculer le produit de solubilité de $Ni(OH)_2$.

c)Déterminer les pentes de quelques segments observés.

d)Calculer les potentiels standard de quelques couples à choisir.



K ch07 CENTRALE.

On considère la réaction chimique suivante :

$$2BaO_{2(s)} \;=\; 2BaO_s \;+\; O_{2(g)}$$

On donne M_{Ba}=137 g.mol^{-1}.

On introduit 2,85g de BaO_2 dans un récipient de 2,4L indilatable initialement vide et maintenu à 727°C. A l'équilibre, on mesure une pression P=0,17 bar.

a)Calculer la constante d'équilibre à 727°C.

b)Que se passe-t-il si on introduit maintenant du dioxygène supplémentaire ou du BaO ?

c)On mesure la pression d'équilibre pour différentes températures et on obtient le tableau suivant :

T en °C	727	820	914	1012
P en bar	0,17	0,34	0,59	0,95

La réaction est-elle endothermique ou exothermique ? Quelles grandeurs pourrait-on calculer ou évaluer ?

K ch08 CENTRALE.

Soit la pile suivante pour laquelle on détermine expérimentalement que (2) est le pole + :

$$(1)\ Ag\ \ |\,AgCl\ saturé\ ds\ K^+ + NO_3^-\,||\,Ag_2CrO_4\ saturé\ ds\ K^+ + NO_3^-\ |\,Ag\ \ (2)$$

On rappelle que l'ion associé à Ag est Ag^+.

On note K_{S1} et K_{S2} les produits de solubilité des précipités AgCl et Ag_2CrO_4.

a)Dessiner la pile, le sens du courant et des électrons. Quelles sont les réactions aux électrodes ? Rôle de $K^+ + NO_3^-$?

b)Exprimer les concentrations en Ag^+ en fonction des produits de solubilité.

c)On mesure la fem E=0,084V aux bornes de la pile. Calculer K_{S2} connaissant pK_{S1}=9,8.

K ch09)*A la découverte des diagrammes d'Ellingham…*

A un oxyde métallique donné, on associe sa réaction de formation à partir du métal associé et d'une mole de dioxygène. Usuellement, le métal et son oxyde sont sous forme solide.

1)Exemples avec MgO , SiO_2 et V_2O_5.

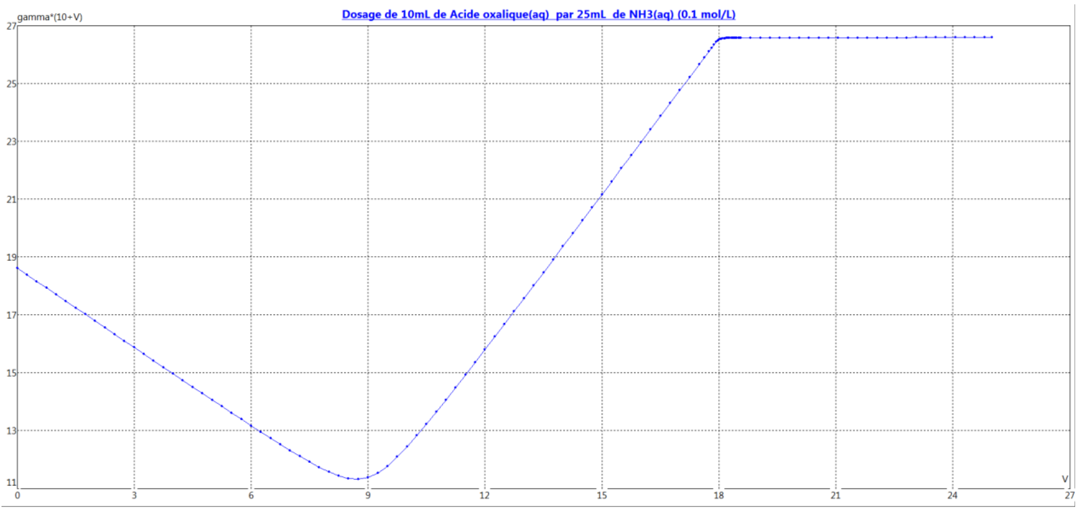
2)A chaque réaction ainsi définie, on peut associer sa variation d'enthalpie libre standard $\Delta_rG°(T)$ en fonction de la température absolue T. Que peut-on dire de cette fonction ? Faire un dessin.

3)On considère deux couples {M_1O/M_1 ; $\Delta_rG°_1(T)$} et {M_2O/M_2 ; $\Delta_rG°_2(T)$}. A quelle condition graphique la réaction d'obtention de M_2 à partir d'un mélange de M_1 et de M_2O est-elle totale ? Peut-on généraliser cette propriété à tous les couples possibles ?

K Ch10). **Conductimétrie.

On dose par conductimétrie un volume V0=10 mL d'acide oxalique de concentration c0 à déterminer par de l'ammoniac NH3 de concentration ca=0,10 mol.L^{-1}.

On obtient la courbe ci-dessous.



L'acide oxalique $H_2C_2O_4$ noté H_2A est un diacide dont les constantes d'acidité sont : pK_{a1}=1,3 et pK_{a2}=5,5.

Donnée : pKa (NH_4^+/NH_3)=9,3

Tableau des conductivités molaires limites des espèces ioniques :

Espèce	H_3O^+	OH^-	A^{2-}	AH^-	NH_4^+
λ(en mS.m^2.mol^{-1})	35		14,8	4	7,34

1) Décrire le fonctionnement d'un conductimètre, retrouver la loi de Kohlrausch à partir d'un modèle de conduction similaire au modèle de Drude.

2) En supposant les acidités dosées successivement et en s'appuyant sur les réactions de titrage, expliquer pourquoi ce n'est pas cohérent avec la courbe proposée.

3) Décrire la solution initiale en sachant que le pH est de l'ordre de 1,2.

4) Justifier alors que la première partie de courbes est la superposition de deux réactions de titrage.

5) Justifier la nature des pentes des trois parties de la courbe.

6) Déterminer la concentration de la solution d'acide oxalique c0.

S mcp01 ENSI.

Soit R(O,x,y,z) un référentiel galiléen, d'axe Oz vertical ascendant, de vecteurs de base $(\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k})$ *On note* $\vec{g}=-g\vec{k}$ *l'accélération de la pesanteur. Un système matériel composé de deux masses ponctuelles* M_1 *et* M_2 *(de masses respectives m et* λ*m), reliées par un fil souple inextensible de masse négligeable, de longueur L, est soumis aux contraintes suivantes :*

•M_1 *déplace sans frottement dans le plan Oxy supposé matériel et est repéré par ses coordonnées polaires (r,*θ*) de vecteurs de base* $(\vec{e}_r,\vec{e}_\theta)$ *.*

•M_2 *se déplace sans frottement sur l'axe Oz et est repérée par son ordonnée z. (**z<0**).*

Le fil souple passe par l'origine O où le plan Oxy est percé d'un trou. On rappelle que la tension T d'un tel fil est constante en norme tout au long du fil quand il est tendu et qu'elle est nulle quand il est détendu.

Les expressions de la vitesse et de l'accélération de M_1 *en coordonnées polaires sont :*

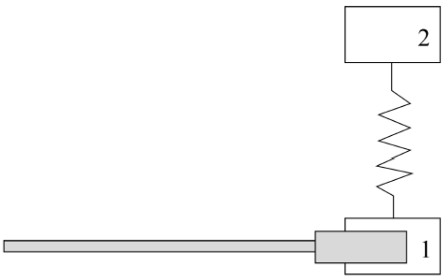
$$\vec{v}_1=\dot{r}\,\vec{e}_r+r\dot{\theta}\vec{e}_\theta \qquad \vec{a}_1=\left(\ddot{r}-r\dot{\theta}^2\right)\vec{e}_r+\left(r\ddot{\theta}+2\dot{r}\dot{\theta}\right)\vec{e}_\theta$$

1)Faire le bilan des forces agissant sur les points matériels M_1 *et* M_2*. On fera un schéma explicatif. Appliquer la RFD pour chacune des deux particules ; on notera T la norme de la tension du fil. Montrer que la grandeur* $r^2\dot{\theta}$ *est une constante que l'on notera C. Comment peut-on connaître sa valeur ?*

2) Si le fil est tendu, quelle relation existe entre r et z ? Que peut-on en déduire? Si le fil est détendu, quel est la nature des mouvements ultérieurs de M_1 *et* M_2 *?*

3) La masse M_1 *est supposée lancée depuis le point* $M_o(r_o,0)$ *avec une vitesse initiale* $\vec{v}_o=+v_o\vec{e}_\theta$ *avec* $v_o>0$*. Le fil est initialement tendu et* M_2 *est immobile. A quelle condition sur* v_o *la trajectoire de* M_1 *est-elle circulaire ?*

S mcp02)

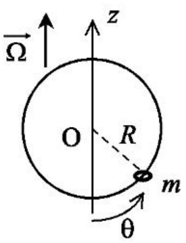


On considère deux corps de même masse, reliés par un ressort idéal de raideur k. Le corps 1 est initialement tenu immobile par une pince et le corps 2 en équilibre à la verticale du corps 1. On écarte brusquement les bras de la pince.

1)Quelles sont les normes des accélérations respectives des deux corps juste après avoir écarté les deux bras de la pince ?

2)Etudier les mouvements ultérieurs des deux corps en les supposant verticaux.

S mcp03 Centrale.**.



Un cerceau de rayon R tourne à vitesse angulaire constante Ω *autour de son axe Oz vertical ascendant. Un anneau de masse m peut se déplacer sans frottement sur le cerceau.*

Déterminer les positions d'équilibre de l'anneau par rapport au cercle suivant la valeur de la vitesse de rotation.

S mcp04 Satellite Spot

Données numériques :

$$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ SI \qquad M_{Terre} = 6{,}0 \times 10^{24}\ kg \qquad R_{Terre} = 6400\ km$$

Le satellite d'observation spot (S), de masse m, est en orbite circulaire autour de la Terre à l'altitude initiale h= 800 km et à la vitesse $\vec{v}$ par rapport au référentiel géocentrique.

1. Rappeler l'expression de l'énergie mécanique du satellite dans le référentiel géocentrique en fonction du rayon R de sa trajectoire. Combien vaut sa période de révolution T ?

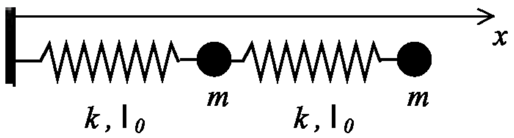
2. Ce satellite est soumis de la part de l'atmosphère raréfiée à la force de frottement :$\vec{f} = -\alpha m v \vec{v}$ où α est une constante. On considère qu'à chaque révolution, le satellite subit une diminution d'altitude de 1 m.

a. Déterminer la valeur du coefficient α.

b. Quelle est la perte d'altitude du satellite au bout de dix ans ?

S mcp05 oscillateurs couplés

Soient deux oscillateurs {masse-ressort} couplés. Initialement, $x_1(t=0)=l_o+b_1$ et $x_2(t=0)=2l_o+b_2$.



a)Obtenir les deux équations du mouvement des deux particules.

b)Déterminer les pulsations propres du système.

S mcp06 oscillateurs.

On s'intéresse au mouvement oscillatoire du pendule simple dans le champ de pesanteur. Les oscillations ont lieu dans un plan vertical.

On notera θ_0 l'amplitude des oscillations. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer la période T sous la forme d'une intégrale.

Justifier qu'un développement limité de $T(\theta_0)$ au voisinage de $\theta_0=0$ ne contienne que des ordres pairs. Quelles seront les formes approchées de $T(\theta_0)$ à l'ordre 0, 1 ou 2(**) ?

S mcp09)Ralentissement d'un jet d'atomes.

$h \approx 6{,}62\ 10^{-34}\ J.s$

On étudie ici le ralentissement d'un jet d'atomes (de césium 133 ou de rubidium 87) par un faisceau laser se propageant dans la même direction que les atomes mais en sens opposé. On note $\vec{u}_x$ le vecteur unitaire donnant la direction et le sens de propagation du laser. La longueur d'onde λ du laser est choisie de sorte que les atomes puissent absorber des photons du laser. On suppose que l'intensité du laser est assez importante pour que le modèle proposé dans la suite décrive correctement l'interaction entre le laser et les atomes. Un atome dans l'état fondamental qui se situe dans le faisceau laser absorbe un photon quasi-instantanément. L'atome reste alors excité pendant une durée moyenne notée τ , puis il se désexcite en émettant un photon dans une direction aléatoire. En moyenne, les photons réémis ne modifient donc pas la quantité de mouvement de l'atome : seuls les photons absorbés contribuent à ralentir les atomes.

0)*Si on veut le résultat de la question 4 sans faire les calculs ?*

1)*Les photons constituant le faisceau laser sont tous identiques, ils possèdent une quantité de mouvement dont la norme est égale à la constante de Planck h divisée par la longueur d'onde λ. Déterminer l'unité de la constante de Planck h en fonction des unités de base du Système International.*

2)*Lors de l'absorption d'un photon par un atome, l'ensemble {atome + photon} peut être considéré comme un système isolé. Quelle relation existe-t-il entre la quantité de mouvement de l'atome après l'absorption et sa quantité de mouvement avant l'absorption ?*

3) *Déterminer la variation moyenne $\delta\vec{p}$ de la quantité de mouvement d'un atome qui se situe dans le faisceau laser pendant une durée δt très supérieure à τ.*

4) *En déduire l'expression de la force moyenne $\vec{F}$ exercée par le laser sur un atome en fonction de h, λ , τ et $\vec{u}_x$.*

5) *Pour le rubidium 87 on a $\lambda \approx 0{,}8\mu m$ et $\tau \approx 0{,}5\ \mu s$. Déterminer l'ordre de grandeur de la norme a de l'accélération subie par un atome dans le faisceau laser. Calculer numériquement le rapport de l'accélération a et de l'accélération de la pesanteur, $g=10\ m \cdot s^{-2}$, commenter.*

S mcp10) Le principe de la balance de torsion.

Charles Augustin Coulomb (1736–1806) fut l'un des premiers à utiliser ce système. Pour démontrer que la force entre deux sphères chargées est en $\frac{1}{R^2}$, il utilise une balance qui établit l'équilibre entre la force électrique et la force de torsion. Pour les expériences de Cavendish (1798) et de Boys (1895), c'est l'attraction gravitationnelle qui est compensée par la force de torsion. Ce phénomène entraîne une torsion du fil qui maintient le système en équilibre.

Initialement, les petites sphères sont dans une position stable. Lorsque l'on approche les grosses sphères des plus petites, la force d'attraction gravitationnelle entre les deux types de sphères va produire un couple tendant à faire tourner la tige. Les petites sphères s'approchent des plus grosses jusqu'à ce que la torsion du fil équilibre le couple gravitationnel.

À la nouvelle position d'équilibre, il y a égalité entre le moment du couple de torsion et le moment provoqué par la force d'attraction. Cette condition va permettre d'obtenir une relation qui sera utilisée pour la détermination de la valeur de G. Lors du changement de positions des grosses sphères, le fléau va passer d'un état d'équilibre à un autre. Il y aura rotation du fléau. La mesure de l'angle de rotation permettra de remonter au couple de torsion qui lui est proportionnel.

Cependant ce couple fait intervenir les caractéristiques mécaniques du fil de suspension. Pour déterminer ces caractéristiques, il suffira de mesurer la période d'oscillation de la balance. Ainsi, la mesure de la période d'oscillation et la mesure de l'angle de rotation du fléau permettent d'obtenir la force d'attraction.

S mcp Mesure de G.

Expliquer la mesure du couple de torsion de la balance de torsion, puis exploiter les données suivantes pour déterminer la valeur de la constante de gravitation universelle

– longueur de tige : 2 m ;
– masses fixées à la tige : 10,105 kg ;
– période du dispositif constitué : 271,5 s ;
– un miroir est disposé dans l'axe de la tige ; il est éclairé par un spot lumineux et la lumière réfléchie est projetée sur un écran situé à 2,5 m ;
– des masses M = 158 kg distantes de 200 mm des masses de la tige (et disposées selon la **figure 1**) provoquent un déplacement de 2,42 mm du spot lumineux sur l'écran.

On rappelle que le moment d'inertie produit par une masse ponctuelle m située à une distance d de l'axe de rotation est égal à md².

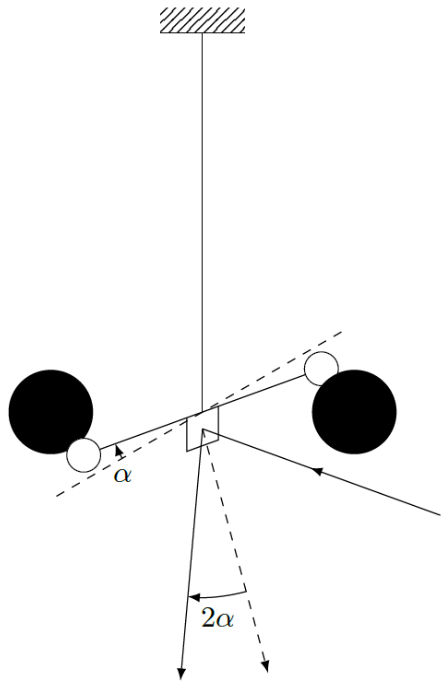


Figure 1

S Opt1.Conjugaison infini-plan focal.

Un Laser émet un faisceau parallèle, de diamètre d=1mm,de lumière monochromatique de longueur d'onde λ=632,8nm . On souhaite augmenter la largeur de ce faisceau; pour cela, on dispose de trois lentilles :

L_1 convergente de distance focale image f'_1=5 mm

L_2 convergente de distance focale image f'_2= 100 mm

L_3 divergente de distance focale image f'_3=-5mm

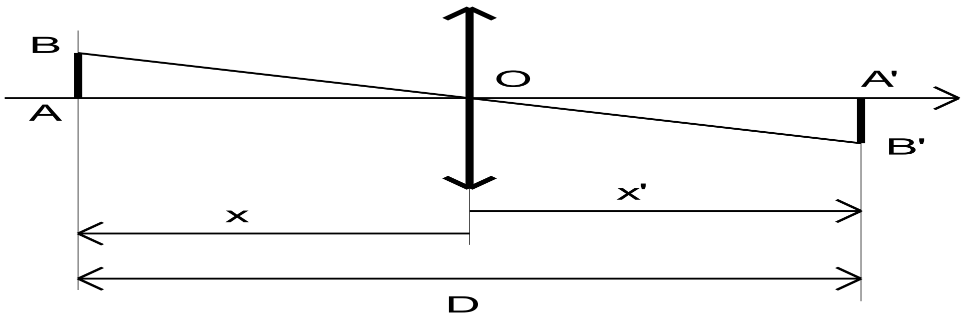
Montrer que l'on peut obtenir le résultat cherché en prenant au choix deux couples de lentilles. Calculer le diamètre du faisceau obtenu.

S Opt2. Focométrie 1.

Rappeler la méthode d'autocollimation pour une lentille convergente ? Comment fera-t-on pour une lentille DV ?

S Opt3. Focométrie 2. Méthode de Bessel.

Soit une lentille convergente, de distance focale image f', de centre optique O, d'axe optique Ox orienté. On considère un objet réel AB et on s'intéresse au cas où l'image A'B' de AB à travers la lentille est réelle. L'image est observée grâce à un écran. On a le schéma suivant :



On a ici : x'>0 ; x<0 ; D=x'-x>0.

On fixe D en imposant les positions de l'objet et de l'écran. On bouge alors la lentille et on essaie d'obtenir une image nette sur l'écran.

1)Quelle est l'équation reliant x' et x ? Eliminer x pour obtenir une équation entre x',D,f', grandeurs toutes trois positives.

2)Réorganiser l'équation pour la mettre sous la forme d'un polynôme du second degré en x'.

3)Montrer que, si D est plus petit qu'une valeur D_{min} à déterminer en fonction de f', il n'existe pas de solution réelle pour x'.

4)Pour $D \geq D_{min}$, exprimer les deux solutions x'_1 et x'_2 ainsi que d = | x'_1 - x'_2 |. Vérifier que les deux grandissements γ_1 et γ_2 sont inverses l'un de l'autre. Cas particulier $D=D_{min}$.

5)Montrer que $f' = \dfrac{D^2 - d^2}{4D}$. Décrire alors un processus expérimental permettant de mesurer la distance focale image d'une lentille CV. Comment faire pour une lentille DV ?

S Opt4.

Un microscope est sommairement schématisé par deux lentilles minces convergentes : l'objectif L_1 de distance focale f'_1=5mm et l'oculaire L_2 de distance focale f'_2=25mm. Le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire sont écartés de Δ=25cm.

0)Rappeler les caractéristiques typiques d'un œil emmétrope.

1)Un observateur, l'œil placé au foyer image de l'oculaire, étudie un petit objet AB disposé dans un plan de front, le point A étant situé sur l'axe optique. Où doit être A pour que l'œil effectue l'observation sans accomoder ?

2)On note α l'angle maximal sous lequel l'œil peut voir l'objet AB et α' l'angle sous lequel il observe l'objet à travers le microscope sans accommoder. Calculer G=|α'/α|.

3)En accommodant, l'œil peut aussi observer des points A' proches de A. Calculer la valeur maximale de |AA'| appelée latitude de mise au point.

S Physique moderne2)

Dans un métal, les électrons de conduction sont peu liés aux ions du cristal métallique et forme un gaz d'électrons.

Soit une particule de masse m astreinte à un mouvement unidimensionnel selon l'axe Ox entre les valeurs x=0 et x=L.

1)La particule est supposée libre. Que cela signifie-t-il ?

2)On rappelle l'équation de Schrödinger qui décrit l'évolution de la fonction d'onde φ de la particule :

$$-\frac{h^2}{8\pi^2 m}\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+V(x).\varphi=E.\varphi$$

où h est la constante de Planck, V(x) l'énergie potentielle de la particule, et E son énergie.

2a)Montrer l'existence d'une onde stationnaire.

2b)En supposant que la fonction d'onde soit nulle en x=0 et x=L, mettre en évidence la présence de niveaux d'énergie quantifiés.

2c)En déduire l'énergie la plus faible d'un photon pouvant être absorbé par la particule.

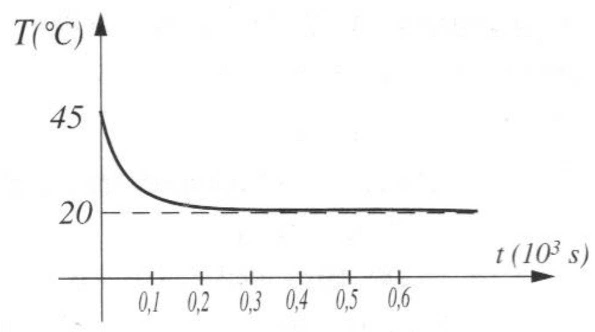
2d)Que se passe-t-il quand L tend vers l'infini ? Interprétation.

<u>S th06 Centrale psi.</u>

On met m=200g d'eau, de capacité calorifique massique $c=4{,}78\ J.K^{-1}.g^{-1}$, dans un calorimètre de capacité calorifique $\Gamma=50$ SI. On plonge une résistance chauffante R, alimentée sous une tension U dans l'eau. La température extérieure est T_e, celle de l'eau est notée T. Les fuites thermiques ont une puissance $P=k(T-T_e)$ où k est une constante positive.

Montrer que la température de l'eau suit la loi : $\frac{dT}{dt}+\frac{T}{\tau}=\frac{T_o}{\tau}$ où τ et T_o sont à exprimer et à interpréter.

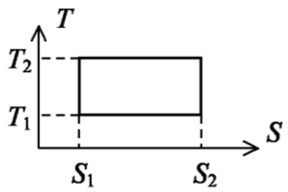
A un instant t=0, on coupe l'alimentation de la résistance et on suit l'évolution de la température de l'eau et on obtient le graphe suivant :



Déterminer les constantes τ, T_o, T_e et k. Déterminer l'entropie créée entre t=0 et l'état d'équilibre final.

<u>S th07 TPE</u>

On donne le cycle d'un moteur. Déterminer son sens de parcours. Calculer son rendement.



<u>S th08 Centrale.**.</u>

Données : 0°C correspond à 273,15K. $L_{fusion}=330kJ.kg^{-1}$; $c_{eau}=4{,}2kJ.K^{-1}.kg^{-1}$; $c_{glace}=2{,}1kJ.K^{-1}.kg^{-1}$.

On sort 100g de glace d'un congélateur à -10°C et on les laisse fondre dans une pièce à 25°C. Calculer l'entropie créée lorsque l'état d'équilibre final est atteint.

On replace ces 100g d'eau liquide dans le congélateur à -10°C. Même question.

S th09 Mines.

Déterminer le temps nécessaire à une machine à glace de puissance électrique P=20kW pour fabriquer une tonne de glace à -5°C à partir d'eau à 20°C, sachant que la température de l'air ambiant est de +20°C.

Données : L_{fusion}=330 kJ.kg^{-1} ; c_{eau}=4,2 kJ.kg^{-1}.K^{-1} ; c_{glace}=2,1 kJ.kg^{-1}.K^{-1} .

S th10 origine centrale.**.

Un corps de capacité calorifique C_p passe de sa température initiale T_o à la température T_f en étant mis en contact à pression constante avec successivement n thermostats de température T_i, i variant de 1 à n. Les températures des thermostats vérifient $T_{i+1}/T_i=\alpha$ indépendant de i. La transformation i fera passer le corps de la température T_{i-1} à la température T_i au contact du thermostat de température T_i.

1)Exprimer α en fonction de T_o, T_f et n.

2)Déterminer la variation d'entropie totale ΔS du corps en fonction de C_p, T_o et T_f.

3)On s'intéresse à la transformation i. Montrer que l'entropie créée pendant cette transformation vaut : $S_{ci} = C_p\left(Ln(\alpha) + \frac{1}{\alpha} - 1\right)$. Calculer l'entropie totale créée S_c en fonction de n, C_p , T_o et T_f. Commenter le cas limite n tendant vers l'infini.

S th11 machines thermiques, Mines Ponts.**.

1)Décrire la machine de Carnot réversible fonctionnant en climatiseur entre une source chaude à T_o et une source froide à T. Appliquer les deux principes au fluide effectuant un cycle entre les deux sources et relier la chaleur extraite de la source froide au travail mécanique moteur à fournir à la machine .

2)On considère la machine précédente fonctionnant entre une pièce et l'air extérieur à la température T_o=300K et disposant d'une puissance mécanique P=280W. Il faut 10000s pour faire passer la température T de la pièce de T_o à T_1=295K.

Déterminer la capacité thermique C de la pièce .

On pourra raisonner sur un cycle élémentaire de durée dt pendant lequel T varie de dT et obtenir une équation différentielle qui ressemblerait à : $C\left(\frac{dT}{dt}\right)\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T}\right) = \frac{P}{T_o}$.

S th12 Calorimétrie et changement d'état.

On souhaite mesurer la chaleur latente massique de changement d'état de la glace noté L lors du changement d'état eau glace →eau liquide.

La capacité calorifique de l'eau liquide est c_o=4,185 kJ.kg^{-1}.K^{-1}.

On dispose de m_g=10g de glace à la température θ_o=0°C et de m_e=100g d'eau à la température initiale de θ_i=50°C, et on appelle système l'ensemble des deux masses d'eau. On mélange la glace et l'eau dans un calorimètre et on mesure une température finale θ_f=38°C.

1)Décrire un calorimètre. Que signifie l'hypothèse calorimètre parfait ?

2)Montrer que dans le cas où le calorimètre est parfait, la variation d'enthalpie du système est nulle au cours de son évolution.

3)En justifiant la décomposition du calcul, exprimer L en fonction des données et procéder à l'application numérique.

4)Discuter les sources d'erreur expérimentales et comment les limiter au maximum.

5)Quel est l'intérêt des changements d'état pour les machines thermiques ?