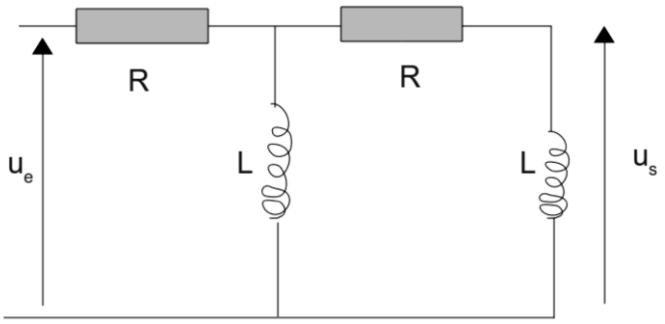
CIRCUITS ÉLECTRIQUES

Les signaux transmis par une ligne téléphonique utilisent une très large gamme de fréquences divisée en deux parties : les signaux téléphoniques (transmettant la voix) utilisent les fréquences de 0 à 4 kHz ; les signaux informatiques (Internet) utilisent les fréquences de 25 kHz à 2 MHz.

1. Quel type de filtre faut-il utiliser pour récupérer seulement les signaux informatiques ? Quelle fréquence de coupure f_c peut-on choisir ?



2. Déterminer la nature du filtre ci-dessus grâce à son comportement à basse fréquence et à haute fréquence.

3. Expliquer comment calculer la fonction de transfert de ce filtre (le calcul complet n'est pas demandé)

4. La fonction de transfert peut se mettre sous la forme :

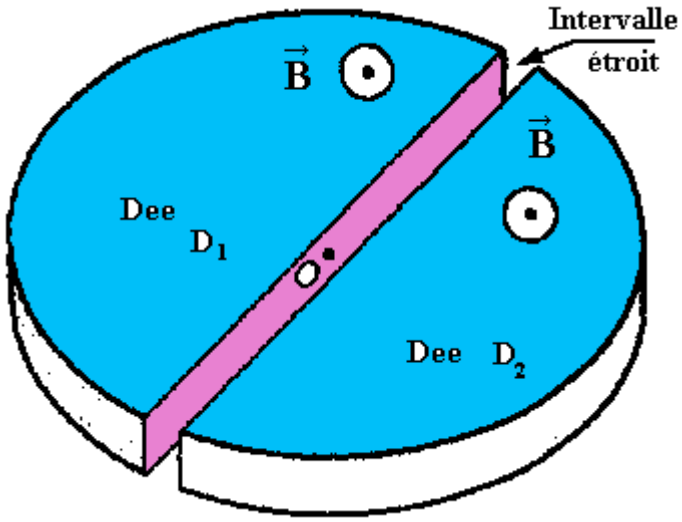
$\underline{H}(x) = \dfrac{-x^2}{1 + 3jx - x^2}$ avec $x = \dfrac{\omega}{\omega_0}$ et $\omega_0 = \dfrac{R}{L}$.

Tracer, en justifiant, le diagramme de Bode asymptotique de ce filtre (gain et phase).

Esquisser l'allure de la courbe réelle de gain après avoir calculé le gain pour x = 1.

MECANIQUE

Un cyclotron sert à accélérer des particules chargées, des protons par exemple. Ces particules permettent de réaliser des expériences de Physique nucléaire dans le but d'explorer le noyau atomique. Le cyclotron est formé de deux demi cylindres conducteurs creux D_1 et D_2 dénommés "dees" et séparés par un intervalle étroit. Un champ magnétique uniforme à règne à l'intérieur des "dees", sa direction est parallèle à l'axe de ces demi-cylindres. Un champ électrostatique E variable peut être établi dans l'intervalle étroit qui sépare les dees.. Il permet d'augmenter la vitesse des protons à chaque fois qu'ils pénètrent dans cet intervalle. On l'obtient en établissant une tension alternative sinusoïdale de valeur maximale U_M et de fréquence N entre les "dees".



Dans un cyclotron à protons, on donne :

- la valeur du champ magnétique uniforme dans les "dees" B= 1,0 T ;
- la valeur maximale de la tension alternative sinusoïdale que l'on établit entre les " dees" : $U_M = 2{,}00.10^3$ V.

a) En admettant que dans un « dee » le mouvement d'un proton est circulaire, montrer alors qu'il est uniforme. On négligera le poids par rapport à la force magnétique. Etablir le rayon R de la trajectoire.

b) Exprimer littéralement le temps Δt mis par un proton pour effectuer un demi-tour. Ce temps dépend-il de la vitesse du proton ? Calculer sa valeur numérique.

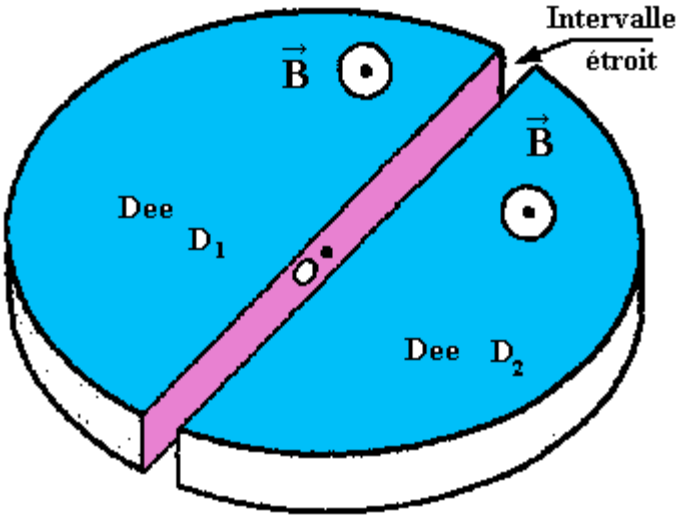
c) En déduire la valeur de la fréquence N de la tension alternative qu'il faut établir entre les dees pour que les protons subissent une accélération maximale à chaque traversée de l'intervalle entre les dees. Le temps de traversée de cet intervalle est négligeable.

d) Calculer l'énergie cinétique transmise au proton lors de chacune de ses accélérations entre les dees.

e) La vitesse v_0 d'injection du proton étant négligeable, on désire que sa vitesse atteigne la valeur $v = 20000$ km.s^{-1}. Calculer le nombre de tours que le proton devra décrire dans le cyclotron.

f) A quel rayon ces protons seront-ils alors extraits en admettant quels sont injectés en A à proximité immédiate du centre O ?
On donne masse du proton $m_p = 1{,}67.10^{-27}$ kg ; charge élémentaire : $e = 1{,}60.10^{-19}$ C .

Un cyclotron sert à accélérer des particules chargées, des protons par exemple. Ces particules permettent de réaliser des expériences de Physique nucléaire dans le but d'explorer le noyau atomique. Le cyclotron est formé de deux demi cylindres conducteurs creux D_1 et D_2 dénommés "dees" et séparés par un intervalle étroit. Un champ magnétique uniforme à règne à l'intérieur des "dees", sa direction est parallèle à l'axe de ces demi-cylindres. Un champ électrostatique E variable peut être établi dans l'intervalle étroit qui sépare les dees.. Il permet d'augmenter la vitesse des protons à chaque fois qu'ils pénètrent dans cet intervalle. On l'obtient en établissant une tension alternative sinusoïdale de valeur maximale U_M et de fréquence N entre les "dees".



Dans un cyclotron à protons, on donne :

- la valeur du champ magnétique uniforme dans les "dees" B= 1,0 T ;
- la valeur maximale de la tension alternative sinusoïdale que l'on établit entre les " dees" : $U_M = 2{,}00.10^3$ V.

a) En admettant que dans un « dee » le mouvement d'un proton est circulaire, montrer alors qu'il est uniforme. On négligera le poids par rapport à la force magnétique. Etablir le rayon R de la trajectoire.
b) Exprimer littéralement le temps Δt mis par un proton pour effectuer un demi-tour. Ce temps dépend-il de la vitesse du proton ? Calculer sa valeur numérique.
c) En déduire la valeur de la fréquence N de la tension alternative qu'il faut établir entre les dees pour que les protons subissent une accélération maximale à chaque traversée de l'intervalle entre les dees. Le temps de traversée de cet intervalle est négligeable.
d) Calculer l'énergie cinétique transmise au proton lors de chacune de ses accélérations entre les dees.
e) La vitesse v_0 d'injection du proton étant négligeable, on désire que sa vitesse atteigne la valeur v = 20000 $km.s^{-1}$. Calculer le nombre de tours que le proton devra décrire dans le cyclotron.
f) A quel rayon ces protons seront-ils alors extraits en admettant quels sont injectés en A à proximité immédiate du centre O ?
On donne masse du proton $m_p = 1{,}67.10^{-27}$ kg ; charge élémentaire : $e = 1{,}60.10^{-19}$ C .

---

a) Pour montrer que le mouvement est uniforme, il suffit de remarquer que la force de Lorentz est perpendiculaire à la trajectoire donc ne travaille pas ;
Le rayon de la trajectoire circulaire vaut $R = mv/q.B = m_p.v_o /e.B$.

b) Puisque le mouvement est circulaire uniforme, le temps t mis pour effectuer un demi-tour est :
t = distance/ vitesse = πR /vo D'où $\Delta t = \pi.m_p.v_o/eB.v_o$ soit $\Delta t = \pi.m_p/e.B$.
Ce temps est indépendant de la vitesse du proton ou, en d'autres termes, chaque demi-tour est décrit pendant le même temps t. C'est la propriété fondamentale du cyclotron.
$\Delta t = 3{,}14 . 1{,}67.10^{-27} / 1{,}60\text{-}10^{-19}.1 = 32{,}8$ ns .

c) $N = 1/2\Delta t = 1{,}52.10^7$ Hz = 15,2 MHz.

d) $\Delta Ec = e.U = 3{,}20.10^{-16}$ J.

e) $Ecf = \frac{1}{2}.m.v^2 = 3{,}34.10^{-13}$ J. Pour atteindre cette valeur, il faut $Ecf/\Delta Ec = 2084 = N$ tours.

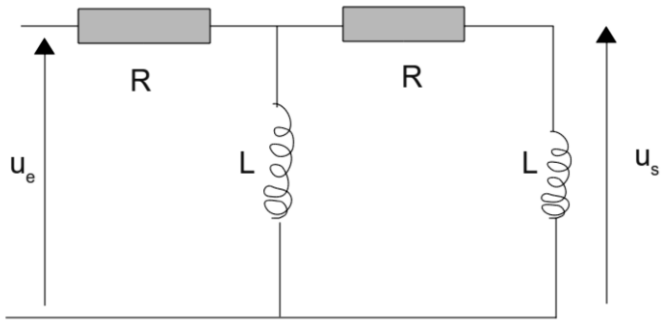
f) R = 20,9 cm.

Filtre ADSL

Les signaux transmis par une ligne téléphonique utilisent une très large gamme de fréquences divisée en deux parties : les signaux téléphoniques (transmettant la voix) utilisent les fréquences de 0 à 4 kHz ; les signaux informatiques (Internet) utilisent les fréquences de 25 kHz à 2 MHz.

1. Quel type de filtre faut-il utiliser pour récupérer seulement les signaux informatiques ? Quelle fréquence de coupure f_c peut-on choisir ?

2. Déterminer la nature du filtre ci-contre grâce à son comportement à basse fréquence et à haute fréquence.

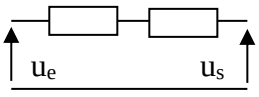
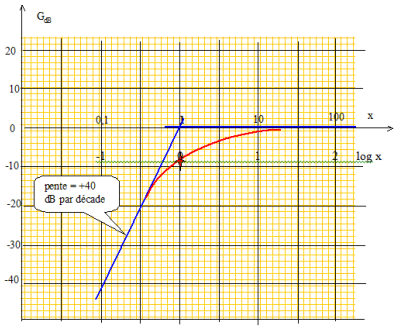


3. Expliquer comment calculer la fonction de transfert de ce filtre (le calcul complet n'est pas demandé)

4. La fonction de transfert peut se mettre sous la forme :

$\underline{H}(x) = \dfrac{-x^2}{1 + 3jx - x^2}$ avec $x = \dfrac{\omega}{\omega_0}$ et $\omega_0 = \dfrac{R}{L}$.

Tracer, en justifiant, le diagramme de Bode asymptotique de ce filtre (gain et phase).
Esquisser l'allure de la courbe réelle de gain après avoir calculé le gain pour x = 1.

Filtre ADSL .	10
1. Pour récupérer seulement les signaux informatiques il faut un filtre passe haut. La fréquence de coupure f_c doit se trouver entre 4 kHz et 25 kHz On peut par exemple prendre le milieu soit ½ (4 + 25) soit environ 15 kHz. (Il est plus judicieux de considérer le milieu en échelle logarithmique : ½ (log 25000 + log 4000) = ½ log($25x4x10^6$) = 4. La fréquence est alors $f_c = 10^4 = 10$ kHz)	2
2. Comportement asymptotique. $f \to 0$ bobine équivalente à un fil : $u_s = 0$ (tension nulle aux bornes d'un fil). $f \to \infty$ bobine équivalente à une ouverture  $u_s = u_e$. On a donc un filtre passe haut qui convient pour les signaux informatiques.	2
3. Calcul de $\underline{H}$ …. 2 ponts successifs ou Théorème de Millman … $\dfrac{\underline{u_s}}{\underline{u_1}} = \dfrac{jl\omega}{R + jl\omega}$ puis $\dfrac{\underline{u_1}}{\underline{u_e}} = \dfrac{1}{1 + \dfrac{R}{Z_{eq}}}$ et $Z_{eq} = \dfrac{(R + jl\omega)\, jl\omega}{R + 2\, jl\omega}$ … $\dfrac{\underline{u_s}}{\underline{u_e}} = \dfrac{-L^2\omega^2}{-L^2\omega^2 + R^2 + 3RjL\omega}$ …	2
3. La fonction de transfert permet d'obtenir : Si x tend vers 0 : $\underline{H}(x) \approx \dfrac{-x^2}{1}$; $G = x^2$ et $g_{DB} = 20$ $\log G \approx 40 \log x$. g_{dB} est équivalent à 40 log x représenté par une droite de pente 40 dB par décade. Si x tend vers l'infini, $\underline{H}(x) \approx \dfrac{-x^2}{-x^2} = 1$; G tend vers 1 et g_{dB} tend vers 0 : asymptote horizontale. 	3
4. Si x = 1 : $g_{dB} = -10 \log 9 = -9{,}5$ dB. On en déduit l'allure du diagramme réel en gain.	1