

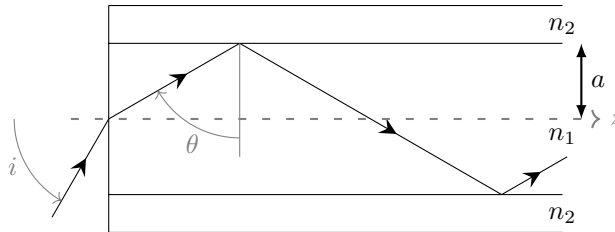
## DS3 du 7/11 : Physique-chimie (2h)

Il sera accordé la plus grande importance au soin apporté à la copie ainsi qu'aux consignes suivantes :

- Chaque exercice sera traité sur une copie double séparée.
- Vous laisserez un espace au début de votre devoir pour la correction.
- Chaque réponse devra être formulée à l'aide d'une phrase verbale (sujet - verbe - complément).
- Les formules littérales doivent être **encadrés** et les applications numériques **soulignées**.
- La calculatrice est **autorisée**, le téléphone interdit.
- Vous veillerez à ne pas mélanger valeur numérique et expression littérale.

### Exercice 1 : Fibre optique à saut d'indice

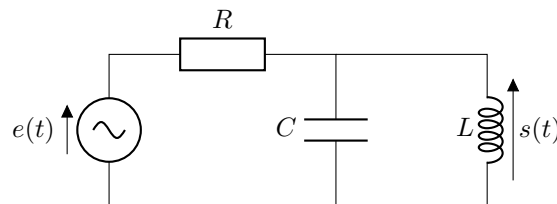
On considère une fibre optique constituée d'un cœur cylindrique de rayon  $a$  et d'indice  $n_1$  entouré d'une gaine d'indice  $n_2$  inférieur à  $n_1$  et de rayon  $b$ . Les faces d'entrée et de sortie sont perpendiculaires à l'axe du cylindre ( $Oz$ ) formé par la fibre. L'ensemble, en particulier la face d'entrée, est en contact avec un milieu d'indice  $n_0$  qui sera pris égal à l'indice de l'air pour les applications numériques.



- Q.1** Un rayon lumineux arrive en  $O$ . On appelle  $i$  l'angle d'incidence sur la surface d'entrée de la fibre. Déterminer en fonction de  $n_0$ ,  $n_1$  et  $n_2$  la condition que doit satisfaire  $i$  pour que le rayon réfracté ait une propagation guidée dans le cœur. On appelle angle d'acceptance  $i_a$  de la fibre la valeur maximale de  $i$ . Donner l'expression de  $i_a$ .
- Q.2** On appelle ouverture numérique ON de la fibre la quantité  $ON = n_0 \sin(i_a)$ . Exprimer ON en fonction de  $n_1$  et  $n_2$ . Application numérique : calculer la valeur de ON pour  $n_1 = 1,456$  (silice) et  $n_2 = 1,410$  (silicone).
- Q.3** On envoie dans la fibre un faisceau lumineux avec tous les angles d'incidence  $i$  compris entre 0 et  $i_a$ . Calculer la différence  $\delta\tau$  entre la durée maximale et la durée minimale de propagation d'un bout à l'autre de cette fibre. On exprimera le résultat en fonction de la longueur  $L$  de la fibre, des indices  $n_1$  et  $n_2$  et de la vitesse de la lumière dans le vide  $c$ . Application numérique :  $L = 1,00$  km, donner la valeur de  $\delta\tau$ .
- Q.4** Le signal transporté par la fibre est constitué d'impulsions lumineuses d'une durée  $T_1$  à intervalle régulier  $T$ . Quelle valeur minimale de  $T$  faut-il choisir pour que les impulsions soient distinctes à la sortie de la fibre ? Proposer une définition de la bande passante en bits (ou nombre d'impulsions) par seconde. Comparer la valeur de la bande passante obtenue ici avec celle d'un téléphone portable (64 bits par seconde) et celle de la télévision (100 Mbits par seconde).

### Exercice 2 : Filtre d'un signal modulé

On considère le circuit suivant alimenté par un GBF délivrant une tension sinusoïdale  $e(t) = E_m \cos(\omega t)$  :



- Q.1** À partir d'une étude qualitative du filtre, donner sa nature.
- Q.2** Calculer  $Z_{eq}$  l'impédance équivalente au condensateur et à la bobine en parallèles.
- Q.3** Calculer la fonction de transfert  $H = \frac{s}{e}$  du circuit. Identifier  $\omega_0$ ,  $Q$  et  $H_0$  en fonction de  $R$ ,  $L$  et  $C$ .
- Q.4** Le phénomène de résonance peut-il apparaître avec ce circuit ? Si oui, donner l'expression de la pulsation de résonance  $\omega_r$ .
- Q.5** En déduire la valeur de  $|H(\omega = \omega_r)|$  à la résonance.

- Q.6** Définir l'acuité d'une résonance et redémontrer la relation entre l'acuité de la résonance et le facteur de qualité  $Q$ .
- Q.7** Calculer les équations des asymptotes du diagramme de Bode en fonction de  $\omega_0$  et  $Q$ .
- Q.8** Tracer le diagramme de Bode asymptotique, placer la valeur de  $G_{dB}(\omega_r)$  à la résonance.

### Exercice 3 : L'internet par ADSL

De plus en plus de logements sont équipés de l'internet par ADSL. Pour pouvoir simultanément téléphoner et rester connecté à internet, il faut équiper les prises téléphoniques d'un filtre ADSL.

Dans le **document 1** est présentée la fiche technique d'un filtre ADSL classique de type «gigogne».

La partie du filtre qui nous intéresse est comprise entre les branches 1 et 3 (voir schéma de la fiche technique).

Les bobines s'associer en série ou en parallèle sur le même principe que des résistances.

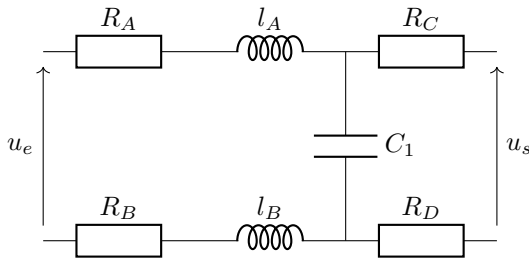


On a représenté sur la **figure 1** une version simplifiée du filtre qui nous intéresse.

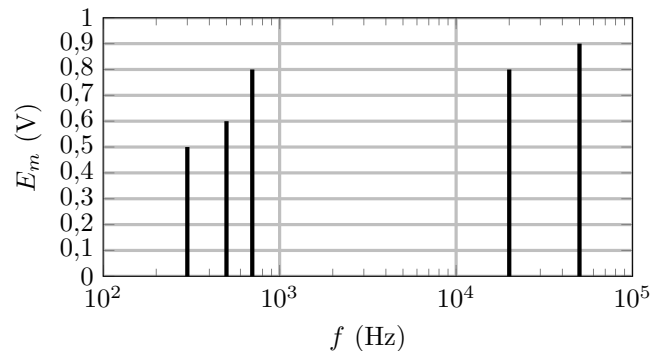
- Q.1** À l'aide de la fiche technique du **document 1**, donner les valeurs numériques des différents composants présents dans le schéma simplifié de la **figure 1**.
- Q.2** Par un étude basses et hautes fréquences du schéma simplifié, déterminer le comportement de ce filtre à vide et en déduire le type du filtre.  
Ce comportement est-il modifié si le filtre est en charge sur une résistance de  $600\ \Omega$ , qui est la résistance d'un téléphone ?
- Q.3** Cela est-il en accord avec le diagramme de Bode proposé dans la fiche technique présenté dans la fiche technique présentée dans le **document 1** ? On observera avec attention la grandeur placée en ordonnée.
- Q.4** Déterminer graphiquement la fréquence de coupure à 3 dB de ce filtre.

Le signal d'entrée est composé de fréquences correspondant à des sons audibles auxquelles sont superposées des fréquences élevées correspondant au signal ADSL, comme représenté de manière simplifiée sur la **figure ??**.

Le téléphone (résistance de  $600\ \Omega$ ) branché en sortie de ce filtre ne doit récupérer que le signal correspondant aux sons audibles.



**Figure 1** - Schéma simplifié du filtre



**Figure 2** - Représentation spectrale d'un signal d'entrée en échelle semilog, avec  $E_m$  l'amplitude spectrale de la composante de fréquence  $f$  du signal d'entrée.

- Q.5** Que peut-on dire du choix de la fréquence de coupure de ce filtre ? Justifier.
- Q.6** Donner l'allure de la représentation spectrale du signal obtenu en sortie du filtre ADSL.  
On ne s'attachera pas ici à faire le calcul des amplitudes de chaque harmonique.
- Q.7** On cherche à recréer ce type de filtre uniquement avec une résistance  $R$  et un condensateur  $C = 1\ \text{nF}$ . Proposer un montage correspondant en précisant les tensions en entrée et en sortie, et exprimer sa fonction de transfert.  
On le justifiera par une étude basses et hautes fréquences.  
Proposer une valeur numérique vraisemblable pour la résistance, compte tenu de la valeur du condensateur.
- Q.8** En quoi le filtre proposé dans le **document 1** est-il meilleur que ce simple filtre  $RC$  ?

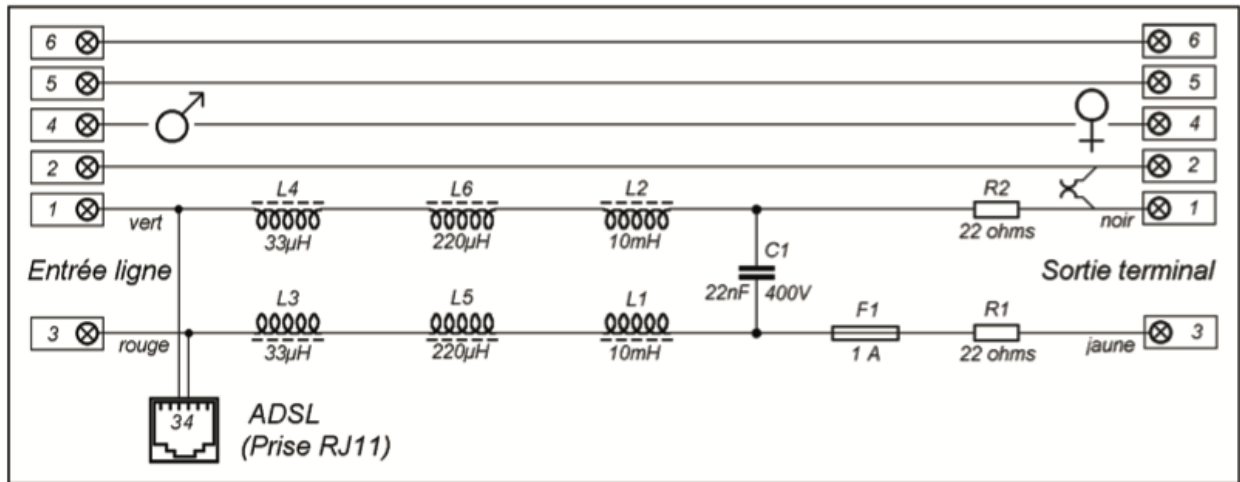


Figure 3 - Schéma technique du cablage électrique.

**Description des composants**

**L1, L2** : enroulements réalisés sur des bobinettes de ferrite dont les plus grandes dimensions sont  $d = 8$  mm et  $l = 10$  mm.

Résistance :  $21 \Omega$ ; Nombre de spires : 500 environ.

**L5, L6** : enroulements réalisés sur des bobinettes de ferrite dont les plus grandes dimensions sont  $d = 4,5$  mm et  $l = 5,5$  mm.

Résistance :  $2 \Omega$ ; Nombre de spires : 110 environ.

**L3, L4** : enroulements de 15 ou 16 spires sur de minuscules tores de ferrite dont le plus grand diamètre n'atteint pas 5 mm.

Résistance : négligeable.

**Réponse en fréquence**

L'affaiblissement d'insertion mesuré, soit l'opposé du gain, entre un générateur d'impédance de 600 ohms et une résistance de charge de 600 ohms, en l'absence de courant continu est donné sur la **figure 4**.

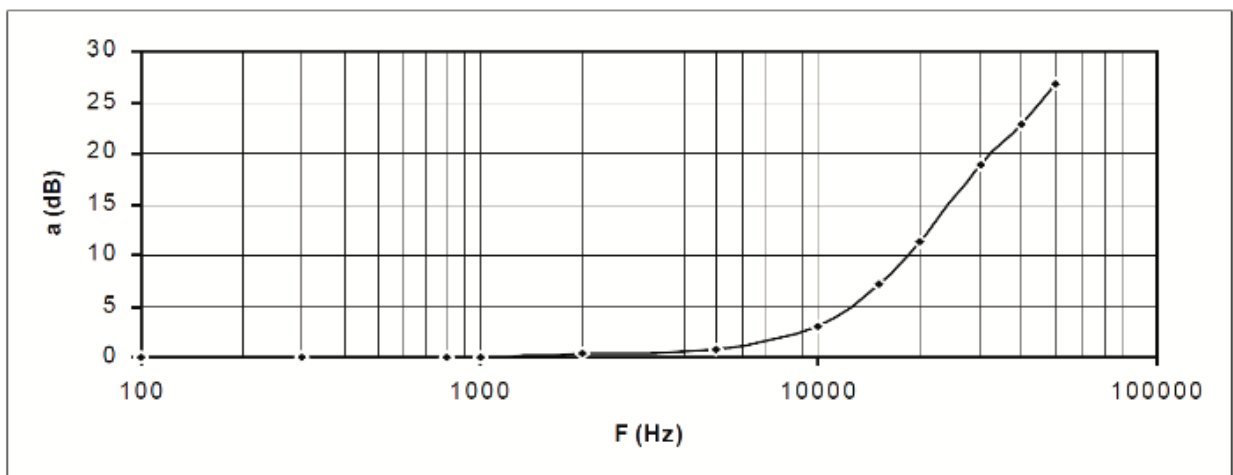


Figure 4 - Diagramme de Bode représentant l'affaiblissement d'insertion mesuré.

Doc. 1 – Fiche Technique FILTRE Z-200FR (prises gigognes)

... FIN ...