

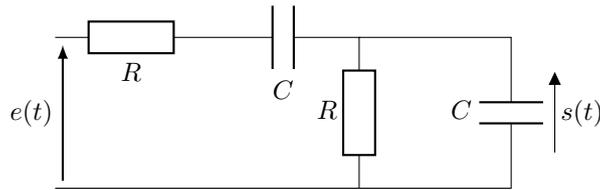
DS4 du 25/11 : Physique-chimie (2h)

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 : Filtre de Wien

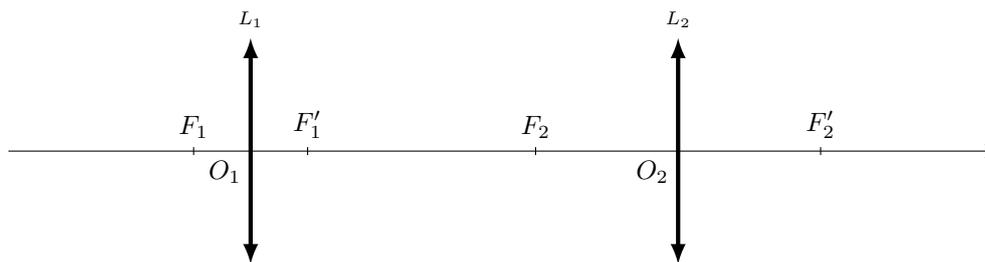
On considère le filtre suivant :



- Q.1** Déterminer sans calculs la nature du filtre.
- Q.2** Déterminer la fonction de transfert H du filtre.
- Q.3** Tracer le diagramme de Bode du filtre en précisant les asymptotes.
- Q.4** Donner la bande passante ainsi que les pulsations de coupure.
- Q.5** La tension d'entrée est $e(t) = E_m \cos(\omega t) + E_m \cos(10\omega t) + E_m \cos(100\omega t)$. À l'aide du diagramme de Bode asymptotique, donner une estimation de la tension de sortie. On prendra $\omega = 200 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ et $\frac{1}{RC} = 2000 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

Exercice 2 : Le microscope classique

Le microscope est modélisé par un système de deux lentilles minces convergentes, l'une constituant l'objectif (lentille L_1 de centre O_1 et de distance focale image $f'_1 = 10 \text{ mm}$), et l'autre constituant l'oculaire (lentille L_2 de centre O_2 et de distance focale image $f'_2 = 25 \text{ mm}$). Le microscope est représenté sur le schéma ci-dessous.



On fixe $\overline{O_1 O_2} = D_0 = 75 \text{ mm}$. On choisit le sens positif dans le sens de propagation de la lumière.

- Q.1** Rappeler les conditions de Gauss.

Si F'_1 est le foyer image de L_1 et F_2 le foyer objet de L_2 , on définit l'intervalle optique par la grandeur algébrique $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$.

- Q.2** Exprimer Δ en fonction de f'_1 , f'_2 et D_0 . Calculer Δ .

Un objet réel AB perpendiculaire à l'axe optique est éclairé et placé à une distance d devant L_1 . L'observation se fait à l'œil placé au contact de l'oculaire.

- Q.3** On souhaite qu'un œil au repos puisse voir l'image définitive $A'B'$ du microscope. Comment doit être l'image définitive en sortant du microscope ?
- Q.4** Pour former l'image définitive, où doit être placé l'image intermédiaire $A_1 B_1$?
- Q.5** Exprimer la position de l'objet d en fonction de f'_1 et Δ . Calculer d .
- Q.6** Exprimer le grandissement γ_1 induit par l'objectif en fonction de f'_1 et Δ . Calculer sa valeur.

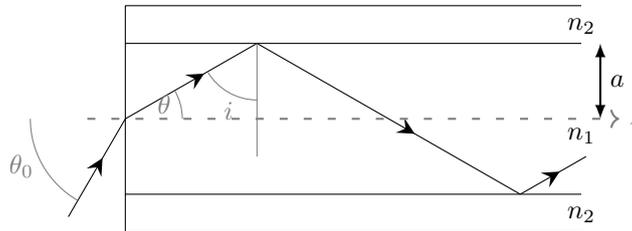
On considère que l'objet AB serait observé sans le microscope dans les conditions optimales, c'est-à-dire vu au P.P. d'un œil normal situé à une distance $D_m = 250 \text{ mm}$.

Q.7 Dans les conditions de Gauss, exprimer le grossissement G en fonction de Δ , D_m , f'_1 et f'_2 . Calculer sa valeur.

Exercice 3 : Transmission optique

Une fibre optique est un fin cylindre de verre, capable de guider la lumière sur de longues distances. Un rayon lumineux entrant à une extrémité de la fibre reste piégé à l'intérieur par réflexion totale interne.

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un cœur cylindrique d'indice n_1 , d'un diamètre d'environ $50 \mu\text{m}$, entouré par une gaine d'indice $n_2 < n_1$.



Q.1 Montrer que tout rayon situé dans un plan contenant l'axe de la fibre et formant dans la fibre un angle θ avec l'axe peut se propager dans le cœur en restant dans ce plan si $\theta < \theta_c$ et donner l'expression de θ_c .

Q.2 Que risque-t-il de se passer si on courbe trop la fibre ? On pourra illustrer au moyen d'un schéma.

On définit l'ouverture numérique $ON = n_1 \sin(\theta_c)$.

Q.3 Montrer que $ON = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.

Q.4 On pose $n_1 = n_2 + \delta n$ avec $\delta n \ll n_2$. Établir une expression approchée de ON à l'ordre le plus bas non nul.

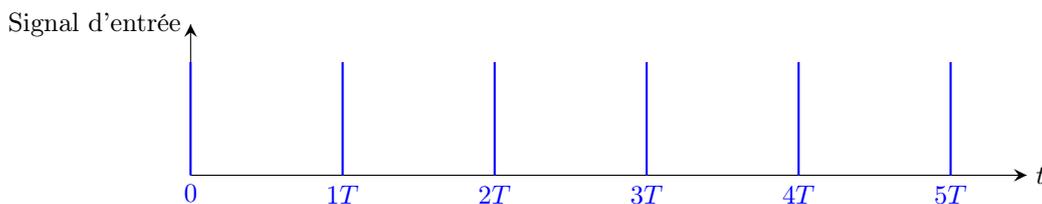
Q.5 Évaluer ON pour $n_1 = 1,53$ et $n_2 = 1,50$ avec 1 chiffre significatif.

Q.6 On considère que l'indice de l'air à l'extérieur de la fibre est égal à 1. Soit O le point de l'axe de la fibre situé sur le dioptre air-cœur. On note θ_0 l'angle d'incidence du rayon lumineux entrant dans la fibre en O . À quelle condition sur θ_0 le rayon se propage-t-il dans la fibre ?

Une fibre optique multimode transporte la lumière le long de plusieurs rayons. Les rayons lumineux d'inclinaisons différentes n'ont pas le même chemin à parcourir dans la fibre, donc leur temps de parcours est variable. Il en résulte un étalement temporel du signal : ce phénomène est la dispersion intermodale.

Q.7 Soit Δt_m la différence de temps de parcours entre deux rayons lumineux se propageant dans une fibre optique (cœur d'indice n_1 , gaine d'indice n_2) de longueur L , l'un sur l'axe de la fibre et l'autre incliné de θ_c par rapport à celui-ci. Exprimer la longueur parcourue par le rayon non parallèle à l'axe en fonction de L et θ_c . En déduire Δt_m en fonction de n_1 , n_2 , L et c .

Une série d'impulsions lumineuses ultra-courtes est envoyée dans la fibre. On note T l'intervalle de temps séparant 2 impulsions successives.



Q.8 Représenter l'allure du signal récupéré à la sortie de la fibre dans le cas où $\Delta t_m < T$ et dans le cas où $\Delta t_m > T$. Commenter.

Q.9 On note BP_m la bande-passante de la fibre associée à la dispersion intermodale : BP_m représente la fréquence maximale des signaux pouvant transiter dans la fibre. Exprimer BP_m en fonction de n_1 , n_2 , L et c .

Q.10 On considère $n_1 = 1,53$ et $n_2 = 1,50$. Évaluer numériquement BP_m avec 1 chiffre significatif pour $L = 10 \text{ m}$ et $L = 1 \text{ km}$ (on prendra $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Q.11 Pour limiter la dispersion intermodale, on peut aussi utiliser une fibre à gradient d'indice, c'est une fibre dont l'indice n_1 du cœur dépend de la distance r à l'axe. Quel doit être le sens de variation de $n_1(r)$? Représenter qualitativement la trajectoire d'un rayon arrivant dans la fibre en formant un angle θ avec l'axe.

Q.12 La lumière utilisée, même si elle est issue d'un L.A.S.E.R., n'est pas parfaitement monochromatique. Or l'indice n_1 du cœur dépend de la longueur d'onde. Expliquer en quoi cela limite le débit d'information transitant dans la fibre.

... FIN ...