

Optique géométrique et structure électronique des atomes

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Données :

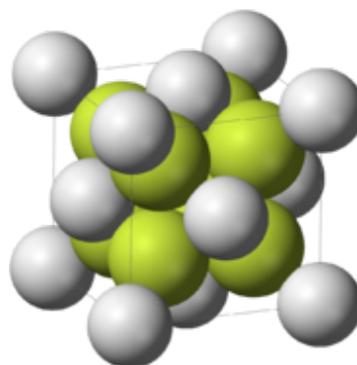
- Relation de conjugaison avec origine au sommet : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$ et grandissement : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{AB} = \frac{\overline{OA'}}{OA}$
(notations usuelles).
- Relation de conjugaison avec origine au foyer : $\overline{F'A'} \overline{FA} = f f' = -f'^2$ et grandissement : $\gamma = \frac{\overline{F'A'}}{F'O} = \frac{\overline{FO}}{FA}$

Exercice : Fluorure de calcium

- 1) Donner la structure électronique du calcium Ca ($Z=20$) et du fluor F ($Z=9$). Dans chaque cas, on justifiera de façon brève la réponse et on placera les électrons sur les orbitales classées par niveau d'énergie croissant. Indiquer les électrons de valence.
- 2) Justifier, d'après la question précédente, la formation du fluorure de calcium $CaF_{2(s)}$. De quel type de composé s'agit-il et de quels ions est-il constitué ?

Pour votre culture

Le **fluorure de calcium** est un composé inorganique de formule CaF_2 . Ce composé ionique constitué de calcium et de fluor est présent naturellement dans la nature sous la forme de fluorine (appelée aussi fluorite). C'est la principale source mondiale en fluor. C'est un solide insoluble dans l'eau, dont la structure est cubique où chaque atome de calcium est adjacent à huit atomes de fluor, et chaque atome de fluor par quatre atomes de calcium. Si les échantillons purs sans défauts sont transparents (et utilisé en verrerie optique pour leur transparence dans la gamme allant des ultra-violet aux infra-rouge moyens), le minéral naturel est souvent profondément coloré à cause de la présence de centres de couleur. (source Wikipédia)

**Problème 1: Fibre optique (Extrait du concours général des lycées 2006)**

Une fibre optique à saut d'indice (représentée sur la figure 2) est formée d'un cœur cylindrique en verre d'axe Ox , de diamètre $2a$ et d'indice n_c , entouré d'une gaine optique d'indice n_g légèrement inférieur à n_c . Un rayon situé dans le plan Oxy entre dans la fibre au point O avec un angle d'incidence θ .

I B 1) A quelle condition sur i , angle d'incidence à l'interface cœur/gaine, le rayon reste-t-il confiné à l'intérieur du cœur ? On note i_L l'angle d'incidence limite. Faire un dessin du trajet ultérieur du rayon en faisant apparaître plusieurs réflexions.

I B 2) Montrer que la condition précédente est vérifiée si l'angle d'incidence θ est inférieur à un angle limite θ_L tel que $\sin \theta_L = n_c \cos i_L$. En déduire l'expression de l'ouverture numérique ON de la fibre, définie par $ON = \sin \theta_L$, en fonction de n_c et n_g uniquement.

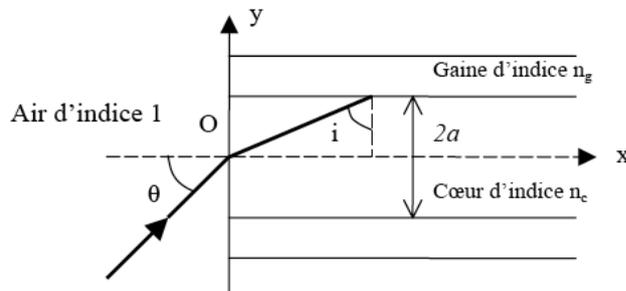


figure 2

I B 3) Donner la valeur numérique de ON pour $n_c = 1,500$ et $n_g = 1,470$.

I B 4) Exprimer la vitesse de propagation de la lumière dans le cœur de la fibre en fonction de la vitesse de la lumière dans le vide, notée c , et l'indice n_c du cœur.

On considère une fibre optique de longueur L . Le rayon entre dans la fibre avec un angle d'incidence θ variable compris entre 0 et θ_L .

I B 5) Quel est le rayon qui traverse le plus rapidement la fibre ? Calculer la durée de parcours τ_1 de ce rayon.

I B 6) Quel est le rayon qui met le plus de temps à traverser la fibre ? Calculer la durée de parcours τ_2 de ce rayon en fonction de L , c , n_c et $\sin i_L$.

I B 7) En déduire l'intervalle de temps $\delta\tau$ entre le temps de parcours minimal et maximal en fonction de L , c , n_c et n_g .

I B 8) On pose $2\Delta = 1 - \frac{n_g^2}{n_c^2}$. Montrer que si $\Delta \ll 1$ (ce qui est le cas pour les fibres optiques),

$$\delta\tau \approx \frac{L}{c} n_c \Delta.$$

On injecte à l'entrée de la fibre une impulsion lumineuse de durée t_0 formée par un faisceau de rayons ayant un angle d'incidence compris entre 0 et θ_L . La figure 3 représente l'allure du signal lumineux en fonction du temps.

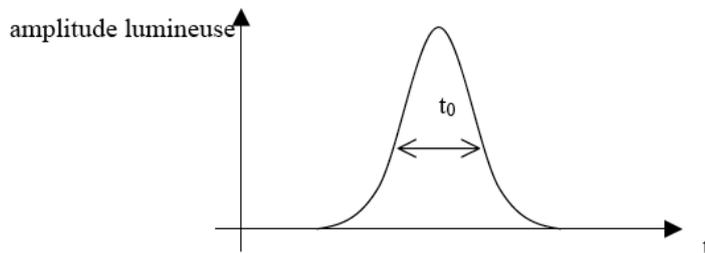


figure 3

I B 9) Reproduire la figure en ajoutant à la suite l'allure du signal lumineux à la sortie de la fibre. Quelle durée a approximativement l'impulsion lumineuse en sortie de fibre ?

Le codage binaire de l'information (détaillé dans la section suivante) consiste à envoyer des impulsions lumineuses (appelées « bits ») périodiquement avec une fréquence d'émission F .

I B 10) En supposant t_0 négligeable devant $\delta\tau$, quelle condition portant sur la fréquence d'émission F exprime le non-recouvrement des impulsions à la sortie de la fibre optique ?

Soit L_{\max} la longueur maximale de la fibre optique permettant d'éviter le phénomène de recouvrement des impulsions. On appelle bande passante de la fibre le produit $B = L_{\max} \cdot F$

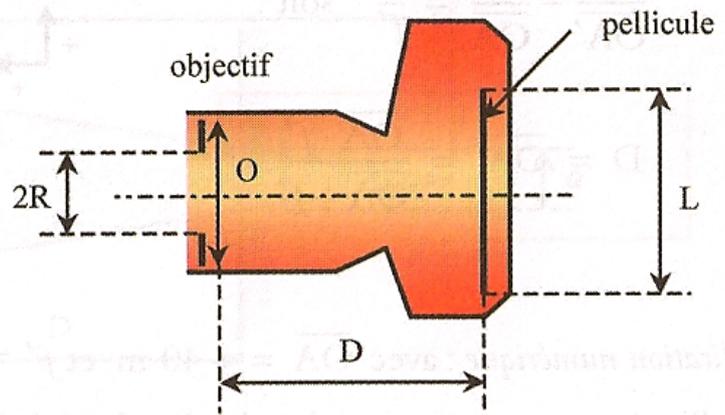
I B 11) Exprimer la bande passante B en fonction de c , n_c et Δ et expliquer l'intérêt de cette grandeur.

I B 12) Calculer la valeur numérique de Δ et de la bande passante B (exprimée en MHz.km) pour $n_c = 1,500$ et $n_g = 1,470$. Pour un débit d'information de $F = 100 \text{ Mbits/s} = 100 \text{ MHz}$ pour le format RZ (cf. section suivante), quelle longueur maximale de fibre optique peut-on utiliser pour transmettre le signal ?

Problème 2 : Etude d'un appareil photographique

Un reporter veut photographier une personne d'environ 1,80 m, située à une distance de 40 m.

Son appareil est ici modélisé par un objectif et une pellicule, la mise au point se règle en modifiant la distance entre ces deux éléments. La pellicule d'une largeur $L = 50$ mm porte un grain de diamètre $50 \mu\text{m}$, ce qui signifie que pour être nette, l'image de chaque point de l'objet doit être plus petite que le grain.



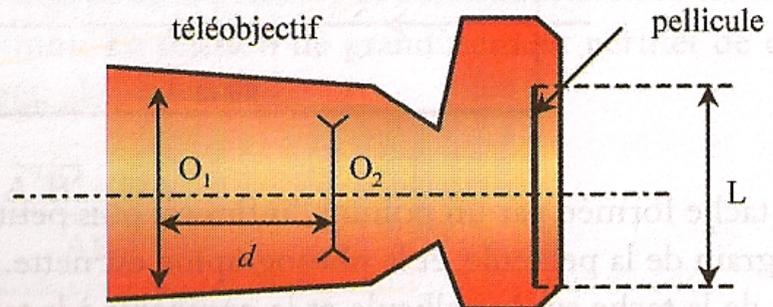
1. Le photographe utilise d'abord son objectif standard, assimilable à une lentille convergente de distance focale $f' = 35,00$ mm accolée à un diaphragme circulaire de rayon $R = 20$ mm.

- À quelle distance D du centre de la lentille le photographe place-t-il la pellicule pour effectuer la mise au point ?
- Quelle est alors la taille de l'image de la personne sur la pellicule ?
- Montrer qu'un objet situé à l'infini apparaît net sur la photographie.
- Déterminer la distance minimale à laquelle les objets sont vus nets sans modifier le réglage de l'appareil. Sur quel paramètre le photographe peut-il jouer pour augmenter la profondeur de champ avec cette mise au point ?

2. Le reporter veut que l'image de la personne occupe toute la largeur de la pellicule.

- Calculer l'encombrement (distance lentille-pellicule) dans ces conditions.
- Déterminer la distance focale de la lentille qui permet d'obtenir ce résultat.

3. Il utilise à présent un téléobjectif constitué d'une lentille convergente L_1 de focale f_1' et d'une lentille L_2 divergente de focale f_2' . Les deux lentilles sont séparées d'une distance d et la lentille convergente se trouve du côté de la zone photographiée.



$$d = 160 \text{ mm} ;$$

$$f_1' = 200 \text{ mm} ;$$

$$f_2' = -50 \text{ mm}.$$

- Schématiser, sans respecter les proportions, le fonctionnement du téléobjectif.
- Déterminer la position et la taille des images successives du sujet photographié.
- Quel est l'encombrement du téléobjectif (la distance entre le centre de la lentille convergente et la pellicule) ?