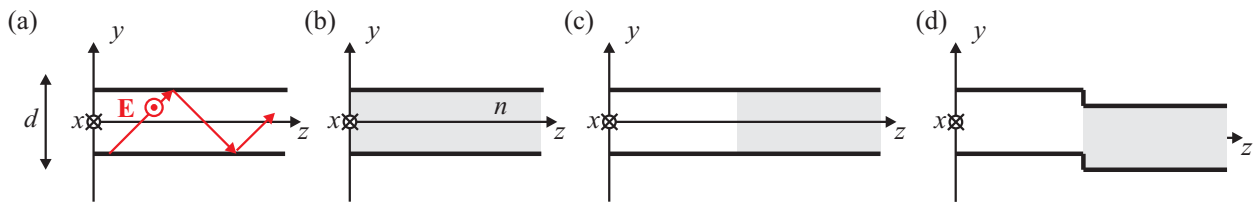


Ingénierie optique, série d'exercices 8, du 11 novembre 2024

Exercice 1 Compréhension immédiate du cours



On considère un guide d'onde miroir planaire rempli d'air, d'épaisseur $d = 0.8 \mu\text{m}$, figure (a). Pour tout cet exercice, la longueur d'onde dans le vide est $\lambda_0 = 1 \mu\text{m}$ et on s'intéresse aux modes transverses électriques (TE).

a) Combien de modes peuvent-ils se propager dans ce guide ? Justifier la réponse.

b) Calculer les constantes de propagation β_m de ces modes.

On remplit maintenant ce même guide avec un matériau d'indice de réfraction $n = 1.5$, figure (b).

c) Combien de modes peuvent-ils se propager dans le guide rempli de diélectrique.

d) Calculer les constantes de propagation β_m de ces nouveaux modes.

On souhaite faire une jonction entre ces deux guides, comme indiqué figure (c).

e) Pensez vous que si le mode fondamental du guide de gauche est incident sur le guide de droite, il va pouvoir exciter un (ou plusieurs) mode(s) du guide de droite ? Quelles paramètres vont déterminer qualitativement ce couplage ? Quels phénomènes peuvent se produire à la jonction entre les deux guides ?

f) La situation que vous avez décrite en e) change-t-elle si les guides sont décalés l'un par rapport à l'autre, comme sur la figure (d) ? Discuter le couplage entre les modes du premier guide et du second dans ce cas.

Exercice 2

On considère un guide miroir de largeur $d = 1 \mu\text{m}$ rempli de diélectrique d'indice $n = 1.6$. On travaille avec une longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 600\text{nm}$.

a) Calculer le nombre de modes TE pour ce guide à cette longueur d'onde.

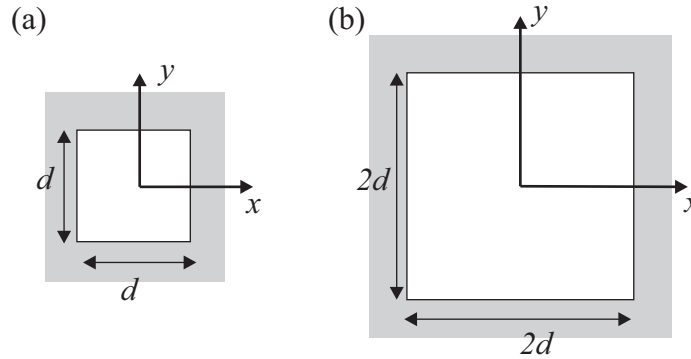
b) Calculer les angles de propagation θ_m pour le premier et le dernier mode. Vérifier que le dernier mode fait plus de zig-zags que le premier mode.

c) Une impulsion très brève entre dans ce guide et son énergie se distribue sur tous les modes du guide ; on suppose que la vitesse de propagation de chaque mode est simplement c_0/n et pour c_0 on prendra la valeur $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Calculer l'élargissement temporel de l'impulsion

durant sa propagation dans le guide en fonction de la longueur du guide L (l'élargissement temporel résulte de la différence des chemins parcourus par le premier et le dernier mode).

d) Quel est l'élargissement temporel pour $L = 1$ km. Quelle est la fréquence de modulation maximale qui peut être transmise dans ce cas ?

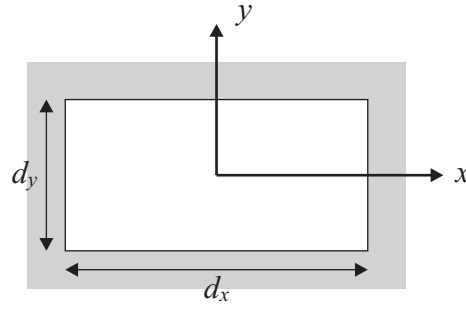
Exercice 3



On considère les deux guides d'onde miroirs ci-dessus. Le premier a une section carrée de dimension $d = \pi \mu\text{m}$, figure (a). Le second a une section carrée $2d \times 2d$, figure (b). Dans un premier temps, les guides sont remplis d'air et on travaille à la longueur d'onde $\lambda_0 = 2 \mu\text{m}$.

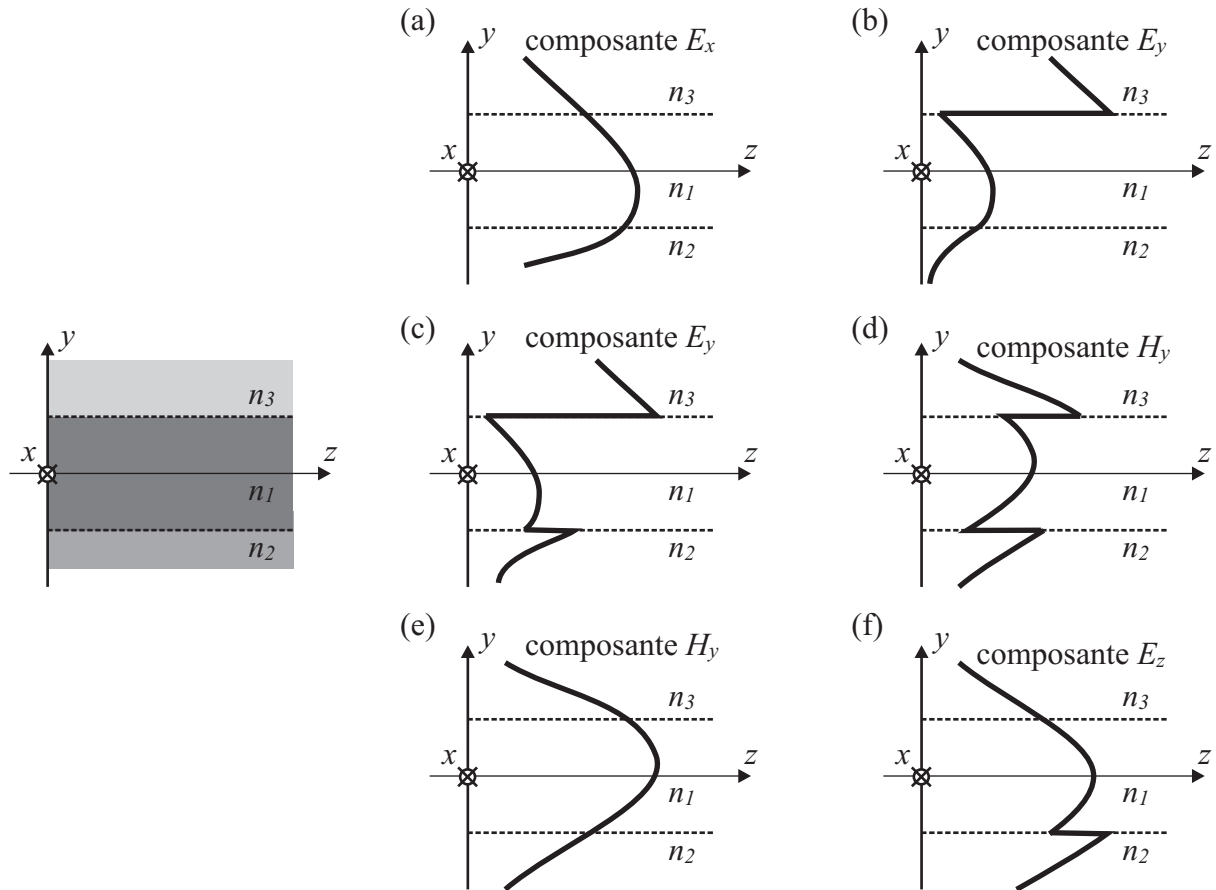
- Faire un dessin de la distribution des modes dans l'espace k_x-k_y pour le guide (a). Indiquer sur le dessin les différents paramètres nécessaires au calcul du nombre de modes et donner leurs valeurs numériques. Donner une estimation du nombre de modes du guide.
- On souhaite que le guide (a) supporte au moins 15 modes. Faut-il augmenter ou diminuer la longueur d'onde, justifier la réponse ?
- Faire un dessin de la distribution des modes dans l'espace k_x-k_y pour le guide (b) (pour $\lambda_0 = 2 \mu\text{m}$). Indiquer les différents paramètres nécessaires au calcul du nombre de modes et donner leurs valeurs numériques.
- On souhaite que les deux guides aient le même nombre de modes. Pour cela, on remplit un des guides avec un matériau diélectrique d'indice de réfraction n . Quel guide faut-il remplir de diélectrique ? Quelle doit être la valeur de l'indice n ? Est-ce que cette condition dépend de la longueur d'onde λ_0 ?.

Exercice 4



On considère le guide d'onde miroir ci-dessus de section rectangulaire de côté d_x et d_y , rempli d'un matériau d'indice de réfraction n . On s'intéresse aux modes de ce guide, représenter les composantes transverses du vecteur de propagation $\mathbf{k}$ dans un diagramme k_x-k_y . Donner une estimation du nombre de modes M .

Exercice 5



On considère le guide d'onde diélectrique ci-dessus formé des trois matériaux d'indice $n_1 = 3$, $n_2 = 2$ et $n_3 = 1$. Les matériaux ne sont pas magnétiques. Les modes se propagent dans la direction z .

a) Calculer les permittivités relatives ϵ_{r1} , ϵ_{r2} et ϵ_{r3} correspondant aux trois matériaux. Calculer les perméabilités relatives μ_{r1} , μ_{r2} et μ_{r3} des trois matériaux.

b) On calcule différents modes se propageant dans ce guide d'onde et on a représenté ci-dessus l'amplitude de certaines composantes du champ électromagnétique de six modes. Déterminer pour chaque composante si elle satisfait les conditions au bord associées aux équations de Maxwell (continuité des composantes parallèles à l'interface entre deux milieux pour les champs E et H , continuité des composantes perpendiculaires à l'interface entre deux milieux pour les champs D et B). On s'intéresse ici à une étude qualitative du profil de ces modes.