

# PHYSIQUE DES TELECOMS

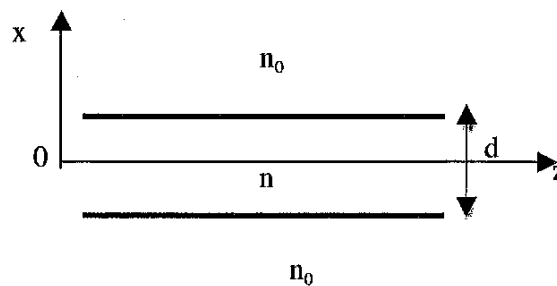
*Durée 1h45*

*Documents autorisés : 1 page recto-verso*

*Calculatrice autorisée*

## Etude d'un guide diélectrique symétrique

On considère un guide symétrique d'épaisseur  $d$ , d'indice  $n$ , plongé dans un milieu d'indice  $n_0$ . On s'intéresse uniquement à la polarisation TE pour laquelle le champ  $H_z$  est non nul. En régime harmonique et en notation complexe le champ électromagnétique est donné par :  $U(x,z,t) = U(x)\exp[i(\omega t - \gamma z)]$  avec  $\omega$  la pulsation et  $\gamma$  la constante de propagation.



1. Donner l'équation d'Helmholtz vérifiée par  $H_z$  dans chaque région. En déduire l'équation différentielle gouvernant la fonction  $U(x)$  dans chaque domaine.
2. Expliciter les solutions dans chaque domaine. On prendra soin de justifier la forme des solutions à l'aide d'arguments physiques.
3. Montrer qu'il existe des modes pairs et impairs selon la symétrie du champ  $H_z$  selon l'axe (Oz). Comment sont reliées les amplitudes des champs en dehors du guide en fonction de la parité considérée ?
4. Quelles sont les composantes des champs électriques et magnétiques satisfaisant les relations de passage aux interfaces du guide pour les modes TE ?
5. Raccorder les champs et montrer que les relations de dispersion des modes pairs et impairs sont de la forme :

- Modes Pairs :  $Y = \left(\frac{n_0}{n}\right)^2 X \cdot \tan(X)$  équation (1)

- Modes Impairs :  $Y = -\left(\frac{n_0}{n}\right)^2 \frac{X}{\tan(X)}$  équation (2),

Où  $X$  et  $Y$  sont deux paramètres que l'on donnera en fonction de  $\omega/c$ ,  $\gamma$ ,  $n$ ,  $n_0$  et  $d$ .

6. Donner l'expression du « Vé » du guide défini par  $V^2 = X^2 + Y^2$  en fonction de  $\omega/c$ ,  $n$ ,  $n_0$  et  $d$ .
7. Montrer à partir de l'expression de  $V$  que le guide fonctionne uniquement si  $n > n_0$ .
8. En utilisant les relations de dispersion du 5, déterminer quelle parité de modes permet l'utilisation du guide en régime monomode ?

On considère uniquement le mode pair fondamental et on cherche à déterminer la relation de dispersion approchée de ce mode lorsque  $X \rightarrow 0$ .

9. Donner une expression approchée de l'équation (1) pour  $X \rightarrow 0$  (on fera le développement limité de  $\tan(X)$  à l'ordre 1).
10. Montrer qu'à l'ordre 1 que  $Y \ll X$  lorsque  $X \rightarrow 0$ . En déduire que  $V=X$  à l'ordre 1.
11. Donner l'expression de  $\gamma(\omega)$  en utilisant l'approximation de  $V=X$  et l'expression approchée l'équation (1) obtenue à la question 9.
12. Donner la définition de l'indice effectif  $n_{\text{eff}}$  d'un mode guidé et en déduire l'expression approchée de  $n_{\text{eff}}$  en fonction de  $\omega$  pour le mode pair fondamental.
13. Le guide présente des imperfections entraînant des pertes optiques de 6dB/cm. Calculer la puissance en sortie d'un guide de 500 $\mu\text{m}$  de long sachant que la puissance d'entrée est de 1mW/cm<sup>2</sup>.