

Épreuve de TP de Physique — CCMP

Étude d'une fibre optique et de composants associés

(Télécom Paris — Orlaux 2025)

Matériel disponible : wattmètre, fibres optiques, grand boîtier isolateur, diode laser, disque réfléchissant capable de tourner à vitesse constante, deux atténuateurs, deux miroirs, coupleurs permettant de combiner deux fibres.

Principe : prendre en main l'appareil et effectuer des mesures sur des cas concrets.

1 RÉSULTATS DE COURS SUR LA FIBRE OPTIQUE

Pour une fibre optique à saut d'indice :

1. Établir le modèle et donner la valeur relative de la gaine par rapport au cœur.
2. Définir le cône d'acceptance.
3. Calculer l'angle d'acceptance.
4. Qu'est-ce que la dispersion intermodale ? En faire le calcul.

2 ÉTUDE DE L'ATTÉNUATEUR

Un atténuateur diminue la puissance en sortie. Le montage est constitué, dans l'ordre : laser → isolateur → atténuateur → wattmètre, reliés par des fibres. On envoie un courant de l'ordre de 20 mA dans la fibre.

L'atténuation obéit à :

$$A_{\text{dB}} = 10 \log \left(\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} \right).$$

Questions théoriques

1. Redonner la définition du vecteur de Poynting.
2. Relier $\langle \|\vec{\Pi}\| \rangle$ à l'amplitude du champ $\vec{E}$ (dans le vide) pour une OPPM.

Mesures

Mesurer l'atténuation pour les deux atténuateurs ($\neq$ et identiques).

- a) Le sens de branchement a-t-il un effet ? (dresser un tableau)
- b) Les deux atténuateurs sont-ils différents ?
- c) Que se passe-t-il si on branche les deux atténuateurs l'un après l'autre ? Est-ce mesurable ?
L'ordre de branchement a-t-il un effet ?

3 ÉTUDE DU COUPLEUR

On peut coupler deux fibres optiques (entrées ① et ②, sorties ③ et ④) au moyen d'une zone de couplage.

Questions théoriques

- a) Soit un champ $\vec{E}_1$, OPPM rectiligne, d'amplitude

$$E_1 = E_{10} e^{-i\beta z}, \quad E_2 = E_{20} e^{-i\beta z}.$$

À quelle équation différentielle du premier ordre obéissent ces amplitudes ?

- b) Dans la zone de couplage, les équations deviennent :

$$\begin{cases} \frac{dE_1}{dz} = -i\beta E_1 - iC_0 E_2, \\ \frac{dE_2}{dz} = -i\beta E_2 - iC_0 E_1. \end{cases}$$

On pose

$$\begin{cases} E_1 = E_{01} a_1(z) e^{-i\beta z}, \\ E_2 = E_{02} a_2(z) e^{-i\beta z}, \end{cases} \quad E_{01} = E_{02} = E_0.$$

À quelle équation différentielle obéissent a_1 et a_2 ? Donner la forme des solutions.

- c) On considère la configuration avec $E_1(z=0)$ en entrée et $E_2(z=0) = 0$. Montrer que, en sortie de longueur de couplage L_c :

$$E_c = -iE_0 \sin(C_0 L_c) e^{-i\beta L_c}, \quad E_t = E_0 \cos(C_0 L_c) e^{-i\beta L_c},$$

sachant que $a_1(z=0) = 1$.

- d) On pose $K = \sin^2(C_0 L_c)$. Exprimer E_c et E_t en fonction de K (formes données) :

$$\begin{cases} E_c = E_0 \sqrt{K} e^{-i\beta L_c}, \\ E_t = E_0 \sqrt{1-K} e^{-i\beta L_c}. \end{cases}$$

On pose ensuite

$$T_{ij} = \frac{\text{Puissance sortant en } j}{\text{Puissance entrant en } i}.$$

Calculer T_{13} , T_{14} , T_{23} et T_{24} pour la situation précédente en fonction de K .

Mesures

Mesurer K pour les deux coupleurs (proposer un protocole). Pour l'un des deux, vérifier que le choix de l'entrée et de la sortie d'étude n'ont pas d'effet majeur sur K .

4 ÉTUDE D'UNE APPLICATION : LE MIROIR

Réaliser le montage suivant : on branche un câble entre les sorties ③ et ④ du coupleur, de sorte à obtenir un miroir. On note P_e la puissance entrante, P_r la puissance réfléchie et P_0 la puissance transmise.

- a) Déterminer R en fonction de K .
b) De même, déterminer T en fonction de K .
c) Vérifier que $R + T = 1$. Quelle condition pour un miroir parfait ? Que vaut K alors ?

Déterminer expérimentalement T puis K . Commenter.

5 ÉTUDE DU DISQUE RÉFLÉCHISSANT (*non traité, donc questions incertaines*)

On utilise le disque réfléchissant, qui tourne à vitesse constante. Une fibre collimatée envoie un faisceau sur le disque. On peut mesurer θ , l'angle entre la vitesse du disque et le faisceau incident.

Il y avait de l'effet Doppler.