

Thèmes abordés

Mesures de base servant à caractériser une fibre optique, réglage et optimisation de l'injection, mesure de pertes, détermination de l'ouverture numérique, calcul de l'indice de la gaine détermination expérimentale du profil d'indice du cœur, profil parabolique d'une fibre à gradient d'indice, mesure du diamètre du cœur par méthode optique, calcul de la fréquence normalisée, du nombre de modes dans la fibre, de la longueur d'onde de coupure, observation du comportement en lumière polarisée, dépolarisation par une fibre.

Principes et objectifs

Nous sommes aujourd'hui dans une période où le développement des réseaux Internet est en pleine croissance (+10% de demandes supplémentaires par mois) et le moyen le plus rapide pour transmettre une information est bien sûr la lumière. La transmission sans perturbation d'une information d'un point A à un point B s'effectue à l'aide d'un guide de lumière (fibre optique) qui est au photon ce que le câble coaxial est à l'électron !

Le but du TP proposé est d'étudier différentes caractéristiques d'une fibre optique sans avoir besoin d'instruments performants et onéreux (type analyseur de spectre ou réflectomètre).

Ce TP est particulièrement bien étudié pour débiter une formation et initier les étudiants à la manipulation et aux précautions à prendre lors de mesures sur une fibre optique.

Outre les techniques « classiques » utilisées sur les fibres, ce TP propose également deux méthodes originales pour la mesure du profil d'indice et du diamètre du cœur de la fibre.

Matériels nécessaires

Banc optique (200 cm) avec jeu de pieds	1
Cavalier standard	3
Cavalier à déplacement Y sur 60 mm -Z sur 40 mm	2
Cavalier à platine à vernier 25 mm X	1
Cavalier à réglage latéral X de +/-30 mm	1
Laser compact vert 532nm (3-5 mW) Classe III	1
Adaptateur pour objectif de microscope	1
Objectif de microscope 20x / 0,4	2
Objectif de microscope 10x / 0,25	1
Porte objectif sur tige	1
Fibre optique 100/140 à gradient d'indice (2m)	1
Connecteur FC/PC pour fibre	2
Porte composant diamètre 40mm	2
Lanterne haute luminosité 75W	1
Micromètre objet	1
Support de micromètre	1
Décalage d'axe sur tige	1
Polariseur avec monture rotative	2
Ecran blanc métallique avec une face quadrillée	1
Mesureur de puissance laser portable	1
Lunette d'alignement et protection laser 532 nm	2
Cours, Texte de TP, Notice de résultats	1

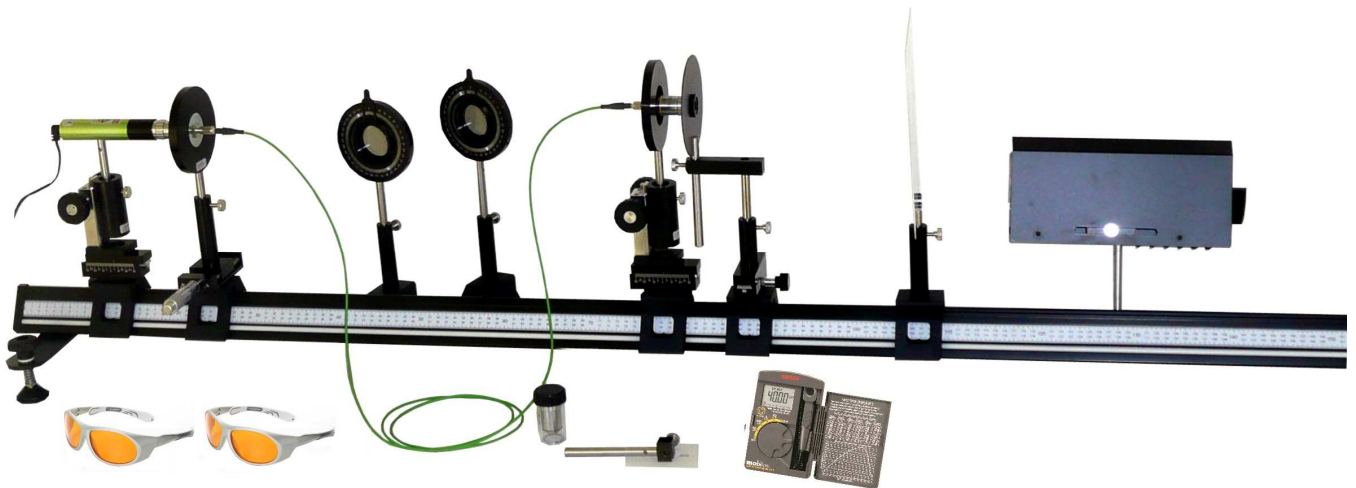


Photo 1 : Exemple de montage expérimental du TP Fibre

Théorie et résultats (quelques exemples)

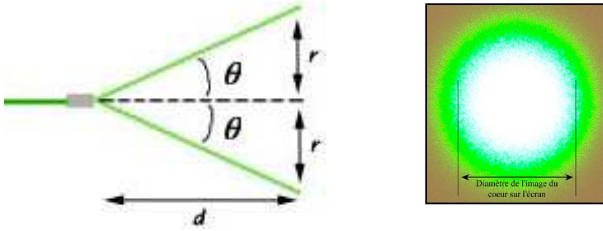
Pour une fibre à gradient d'indice, l'angle d'acceptance local (ou ouverture numérique locale) est défini par :

$$ON = \sin \theta_{lim}(M) = \sqrt{n(M)^2 - n_2^2}$$

avec : $\theta_{lim}(M)$ l'angle limite local au point M
 $n(M)$: l'indice local du cœur au point M
 n_2 : l'indice de la gaine.

Remarque : au centre de la fibre $n(M) = n_1$, on retrouve les relations connues pour la fibre à saut d'indice.

Compte tenu de l'uniformité axiale de la fibre, les rayons guidés dans le cœur émergent par la face de sortie dans un cône dont le demi-angle au sommet est égal à l'angle d'acceptance. On peut donc déterminer l'ouverture numérique d'une fibre en mesurant le sinus du demi-angle au sommet du cône de rayonnement le plus souvent observé en sortie de fibre..



$$\tan \theta = \frac{r}{d} \rightarrow ON = \sin \theta \approx 0,275$$

La valeur de l'ouverture numérique permet alors de remonter à la différence d'indice (cœur-gaine) et à l'indice de la gaine :

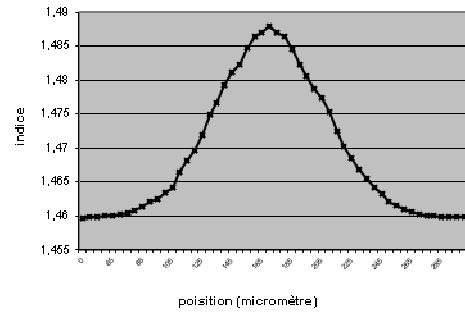
$$\Delta n = \frac{ON^2}{2 \cdot n_1} \quad n_2 = n_1 - \Delta n$$

Les pertes en sortie de fibre sont essentiellement dues à l'injection qui n'est pas parfaite (réflexion de Fresnel, connecteurs). Des mesures de puissances en entrée et sortie de fibre permettent d'évaluer ces pertes.

Le profil d'indice est une représentation de la variation d'indice dans le cœur de la fibre. Dans une fibre multimode, la puissance lumineuse acceptée en un point de sa section droite est proportionnelle à l'ouverture numérique locale et donc à la différence entre l'indice au point M et l'indice de la gaine :

$$n(M) = \frac{P(M)}{\alpha} + n_2$$

La technique de mesure consiste à déplacer le point de focalisation d'un faisceau lumineux à travers un objectif de microscope sur la face d'entrée de la fibre optique. La mesure de la puissance en sortie de la fibre en fonction de la position du point de focalisation permet de relever le profil d'indice du cœur.



Le profil obtenu est parabolique (fibre multimode)

La manipulation suivante a pour but de déterminer expérimentalement le diamètre du cœur de la fibre.

Il s'agit ici de mesurer la taille de la tache lumineuse (image du diamètre du cœur) obtenue après le deuxième objectif de microscope.

Une fois ce diamètre mesuré, un micromètre objet est placé devant l'objectif en l'éclairant avec une source de lumière blanche.

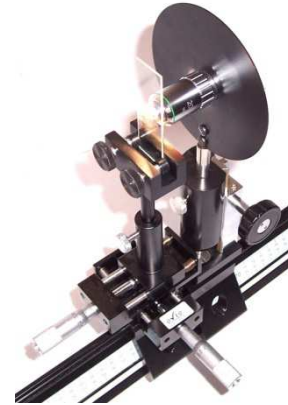


Photo 2 : Montage utilisé lors de la mesure du diamètre du cœur

Il est ainsi possible de calculer le grandissement γ de l'objectif qui est égal au rapport entre la mesure sur l'écran et la taille réelle des graduations du micromètre objet.

Une fois le grandissement de l'objectif connu, il est possible d'en déduire le diamètre réel du cœur de la fibre.

La fibre d'étude est une fibre multimode 100/140. Les valeurs obtenues lors des différentes mesures confirment celle donnée par le fabricant, à savoir un diamètre d'environ 100 μm .

La fréquence spatiale normalisée (v) est un nombre sans dimension qui permet de prévoir à partir de quelle longueur d'onde une fibre optique fonctionne en régime unimodal ou multimodal.

$$v = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot a \cdot ON$$

A partir du diamètre du cœur (a), de l'ouverture numérique (ON) et de la longueur d'onde (λ), il est possible de calculer ce paramètre ainsi que le nombre approximatif N_m de modes se propageant dans la fibre :

$$N_m \approx \frac{v^2}{4}$$

En polarisant le faisceau en entrée de fibre et en analysant le signal en sortie de fibre, il est également possible de mettre en évidence le phénomène de dépolarisation due à la propagation de la fibre.