

TP n°2

Fibre optique à gradient d'indice



Matériels nécessaires au TP

Introduction

p.2

I Mesure de l'Ouverture numérique

p.3

II Détermination du profil d'indice

p.4

III Evaluation des pertes

p.4

IV Mesure du diamètre du cœur

p.5

MATÉRIELS NÉCESSAIRES AU TP

N° elt	Désignation	Référence	Qté
1	<input type="checkbox"/> Banc optique prismatique (L = 150 cm) avec jeu de pieds	BO/P-150	1
2	<input type="checkbox"/> Cavalier standard pour banc optique prismatique	CAV/P-S	3
3	<input type="checkbox"/> Cavalier avec platine de translation X et Y de 25 mm	CAV/P-X25Y25	1
4	<input type="checkbox"/> Cavalier avec platine de translation de précision X et Y 25 mm	CAV/P-XP25Y25	1
5	<input type="checkbox"/> Cavalier avec réglage vertical	CAV/P-V	2
6	<input type="checkbox"/> Laser compact vert (532 nm) sur tige : 5 mW non polarisé	LAS/532-5-NP	1
7	<input type="checkbox"/> Adaptateur Laser pour objectif de microscope	AD/L-OBJ	1
8	<input type="checkbox"/> Objectif achromatique de précision 20X/0,4	OM/20X-0.4	2
9	<input type="checkbox"/> Porte objectif sur tige	SUP/OBJ	1
10	<input type="checkbox"/> Fibre optique multimode 100/140 à gradient d'indice : 2m	FO/M-GI	1
11	<input type="checkbox"/> Connecteur FC/PC pour fibre optique sur disque diam. 40 mm	FO/FCPC-40	2
12	<input type="checkbox"/> Porte composant diamètre 40mm pour disque support fibre optique	SUP/D-40	2
13	<input type="checkbox"/> Lanterne très haute luminosité 12V 75W avec alimentation secteur	LANT/HL-75	1
14	<input type="checkbox"/> Micromètre objet : 1mm divisé en 100 graduations	L/MO	1
15	<input type="checkbox"/> Porte lame mince largeur 50 mm sur tige	PL/U-50	1
16	<input type="checkbox"/> Polariseur et monture rotative	POL/F-35	2
17	<input type="checkbox"/> Ecran blanc 200x200, une face quadrillée, une face neutre	EC/B-200	1
18	<input type="checkbox"/> Mesureur de puissance portable	DET/P	1

INFORMATIONS * : CLASSES ET DANGERS DES LASERS (A LIRE)

Depuis son invention en 1960, le laser n'a cessé de se développer et de rencontrer de nouvelles applications (laboratoire, industrie, militaire,...). En conséquence, le nombre d'accidents dus au rayonnement laser a aussi augmenté. Dans la plupart des accidents laser, c'est l'œil qui est atteint...

☞ **Classe 1** : lasers non dangereux pour l'œil quelles que soient les conditions d'observation.

☞ **Classe 2** (lumière Laser visible de moins d'1 mW) : lasers émettant dans le visible et pour lesquels le réflexe palpébral (réflexe de clignement de l'œil égal à 250 ms) intervient pour protéger l'œil d'une exposition accidentelle au laser. Cette classe 2 prolonge la classe 1 et les lasers visibles de cette classe sont non dangereux pour l'œil, si celui-ci n'est pas maintenu dans le faisceau plus de 250 ms.

☞ **Classe 3A (lumière Laser visible entre 1 mW et 5mW) : cette classe regroupe les lasers non dangereux pour l'œil nu, mais potentiellement dangereux si on les observe à travers une optique grossissante.**

☞ **Classe 3B (lumière Laser visible entre 5 mW et 500 mW) : lasers dangereux pour l'œil nu (et encore plus si le laser passe par une optique grossissante), mais les réflexions diffuses (rayonnement diffusé par un obstacle situé sur le trajet du faisceau) du laser sont sans danger. La lésion cutanée est prévenue par une sensation de picotement ou d'échauffement.**

☞ **Classe 4** : lasers les plus intenses qui sont très dangereux pour l'œil nu y compris en réflexion diffuse, ainsi que les lasers pouvant induire des dommages sur la peau.



Les utilisateurs doivent avoir conscience que le laser utilisé est de classe 3, il est dangereux pour l'œil nu.

Pour ce TP, prenez donc toutes les précautions lors de l'utilisation du laser !

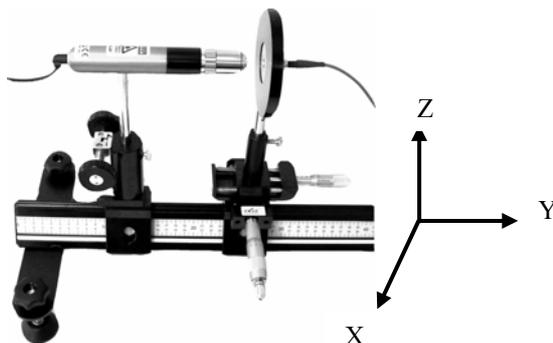
Introduction

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). La fibre optique 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).

Dans tout le document, les directions suivantes seront considérées :

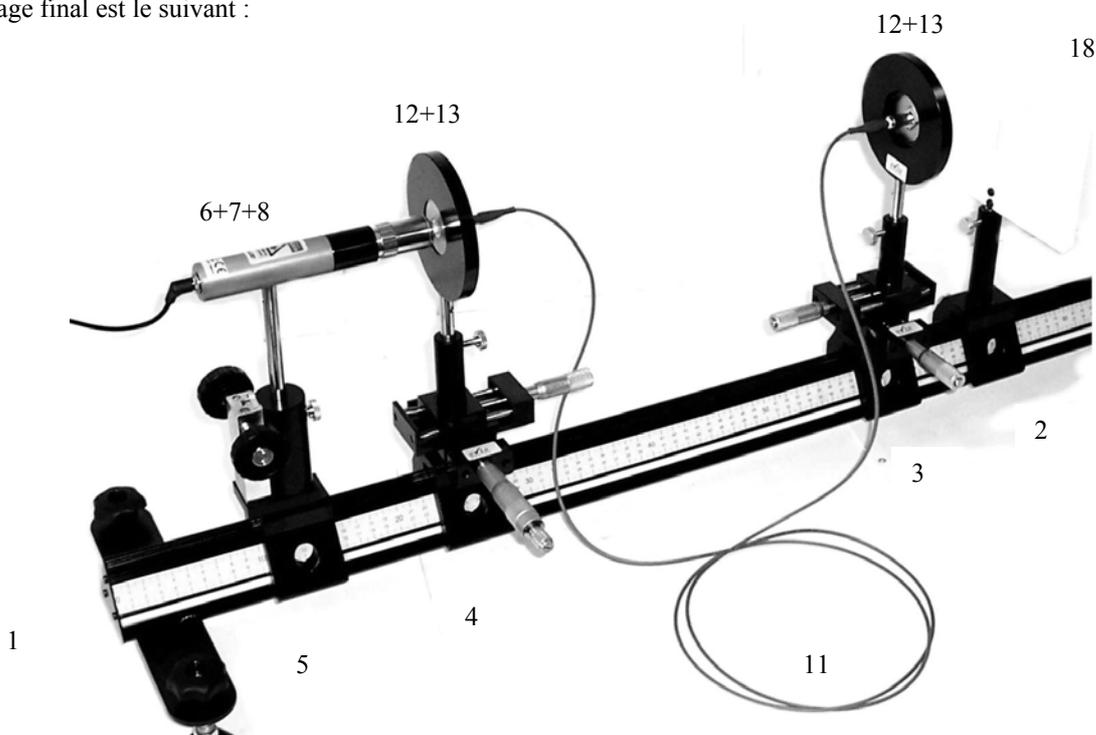
- X : face à l'utilisateur (perpendiculaire au banc optique)
- Y : parallèle au banc optique
- Z : verticale



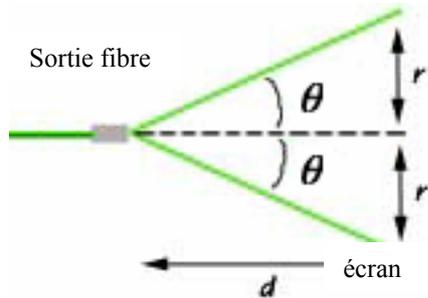
I. Mesure de l'ouverture numérique

- Placez le laser dans un cavalier à déplacement vertical à une extrémité du banc. Orientez le faisceau et centrez le par rapport à une cible placée sur l'axe optique (ex : écran).
- Sur le Laser, vissez la bague porte objectif puis l'objectif 40X.
- Rapprochez le cavalier XY de précision à environ 1 cm de l'objectif de microscope. Agissez alors sur les déplacements Z (Laser) et X (translation) pour centrer le faisceau sur l'entrée de la fibre optique.
- Connectez l'autre extrémité de la fibre à son support et positionnez la à quelques cm de l'écran.

Le montage final est le suivant :



- Si l'injection dans la fibre est correctement réalisée, vous devez observer un tache lumineuse en sortie de fibre.
- Pour améliorer la qualité de l'injection, translatez la platine supportant la fibre dans la direction Y afin de faire coïncider la focale de l'objectif avec l'entrée de la fibre. **Attention de ne pas toucher la pupille de sortie de l'objectif avec l'extrémité de la fibre.** Lorsque l'éclairement en sortie de fibre est maximal, l'injection pourra être considérée comme optimale.



QUESTION I :

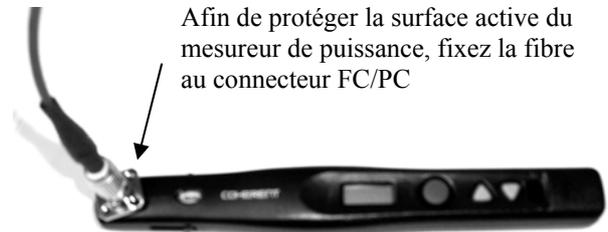
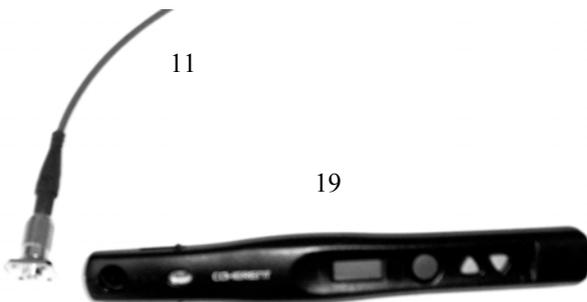
I.1 Calculer la valeur de l'ouverture numérique de la fibre à partir des mesures de r et d (prenez différentes valeurs de d).

I.2 Calculez alors la variation d'indice Δn entre le cœur et la gaine ($\Delta n = n_1 - n_2$) sachant que $n_1 = 1,488$. En déduire la valeur de l'indice de la gaine.

II. Détermination du profil d'indice

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

- Le montage précédent est inchangé.
- Dévissez la fibre de sortie et assemblez la au connecteur FC/PC qui sera positionné devant la surface active du détecteur dont vous aurez lu la notice technique.



- Utilisez la butée micrométrique de précision pour translater dans la direction X la face d'entrée de la fibre jusqu'à ce que la puissance mesurée en sortie soit de quelques microwatts.

QUESTION II :

II.1 A partir du point précédent (point de départ $\approx 1\mu W$), balayez le diamètre de la fibre en relevant tous les $10\mu m$ (1 graduation = $10\mu m$) la puissance $P(M)$ en mW. Lorsque les variations de puissances seront importantes ($>100\mu W$), utilisez un pas de $5\mu m$ pour une mesure plus précise.

Relevez de manière précise la valeur $P(M)$ maximale ainsi que la position correspondante.

II.2 A partir de cette valeur maximale et du Δn obtenu précédemment, déterminez le facteur α . Quelle est son unité ?

II.3 Tracez alors le profil d'indice du cœur de la fibre. De quel profil s'agit-il ?

III. Evaluation des pertes

- Le montage est toujours identique à celui de départ.
- La mesure des pertes s'obtient par la mesure de la puissance maximale transmise (P_t) et de puissance injectée en entrée de fibre (P_e).

QUESTION III :

III.1 Mesurez la puissance P_s en sortie de fibre ainsi que P_e directement mesurée en sortie d'objectif de microscope. En déduire les pertes en dB.

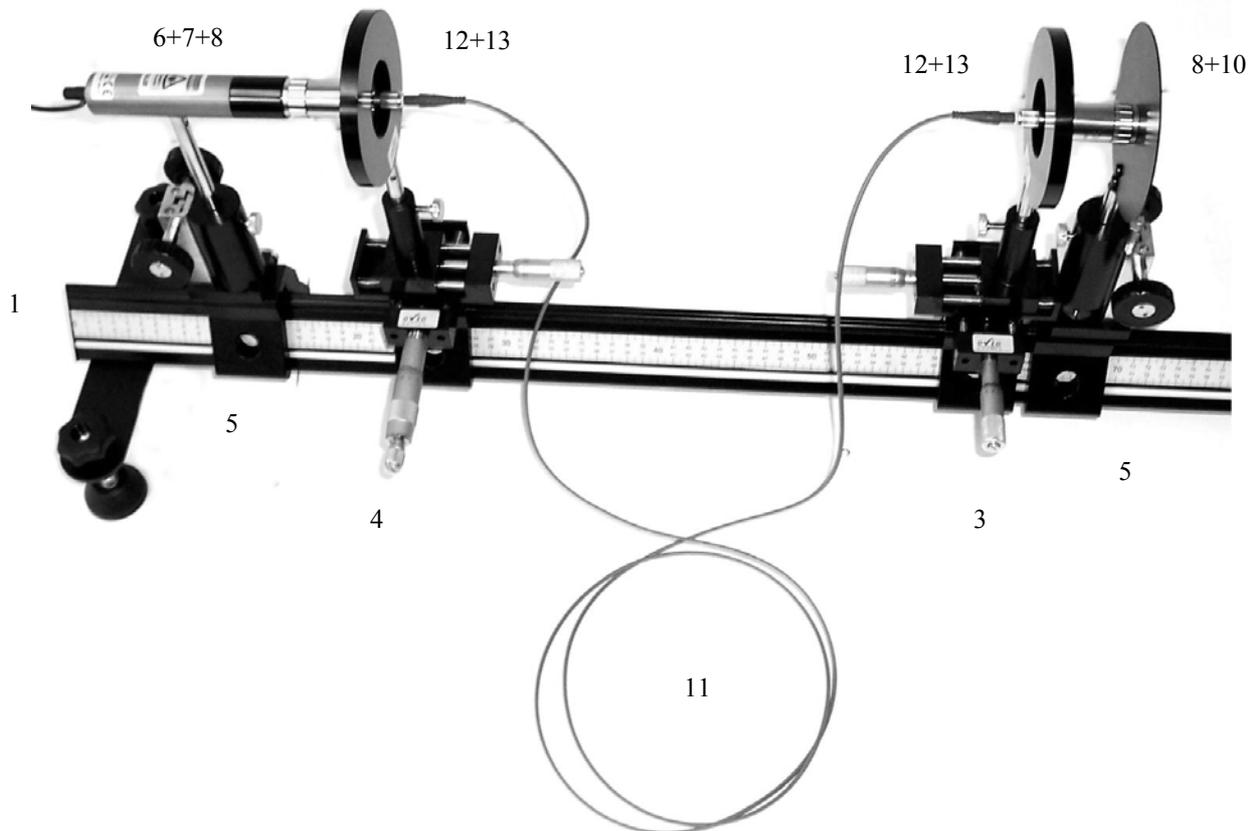
III.2 Recommencez l'opération avec l'objectif 10X.

III.3 Quel est la principale origine des pertes enregistrées en sortie de fibre ?

IV. Mesure du rayon du cœur

- La partie injection reste inchangée.
- L'autre extrémité de la fibre optique est placée sur son support de translation XY.
- Positionnez la face de sortie de la fibre devant le deuxième objectif (X40) monté sur une translation verticale.
- Ajustez la hauteur (Z) ainsi que la position (X) de la fibre par rapport à l'objectif.

Le montage obtenu devient alors :



- En déplaçant la face de sortie de la fibre suivant Y, formez sur l'écran placé à une distance D (variant entre 50 cm et 150 cm) l'image du cœur de la fibre. **Attention à de ne pas toucher la face de sortie de la fibre avec l'objectif.**
- Le réglage est correct lorsque la tache sur l'écran est de diamètre minimal, on a alors l'image du cœur de la fibre.

QUESTION IV :

IV.1 Mesurer le diamètre $2a'$ de l'image du coeur à la distance D de l'objectif.

Pour remonter au diamètre réel $2a$ du cœur de la fibre il est indispensable de déterminer le grandissement γ de l'objectif utilisé : $\gamma = \frac{2a'}{2a}$

Pour déterminer ce grandissement :

- Retirez tous les éléments du banc sauf l'écran, l'objectif et son cavalier à translation vertical et le cavalier à translation XY. **Il est primordial de ne pas toucher au positionnement de l'objectif et de l'écran.**
- A la place du Laser, disposez la lumière blanche.

TP n°2 : fibre optique à gradient d'indice

- A la place de l'extrémité de sortie de fibre (avant l'objectif), placez le micromètre objet et son support sur le cavalier à translation XY.

Le montage se présente sous cette forme :



- Déplacez le chariot de positionnement de l'ampoule de la lampe blanche afin de focaliser la lumière sur l'entrée de l'objectif.
- Réalisez la mise au point à l'aide de la translation Y afin d'avoir une image nette du micromètre sur l'écran placé à la distance D. Vous devrez observer sur l'écran, l'image nette du micromètre objet qui est en fait un trait d'1 mm divisé en graduations.

IV.2 Mesurer la taille des graduations sur l'écran et en déduire le grandissement γ de l'objectif.

IV.3 Déterminez alors le diamètre $2a$ du cœur de la fibre.

IV.4 Recommencez la même mesure pour une distance objectif-écran différente et répondez à nouveau Aux questions 1,2 et 3.

IV.5 A partir du rayon du cœur de la fibre, calculez la fréquence spatiale normalisée de celle-ci à la longueur d'onde $\lambda = 532$ nm, ainsi que le nombre approximatif N_m de modes se propageant dans cette fibre à cette longueur d'onde.

IV.6 Calculer la longueur d'onde de coupure pour laquelle cette fibre passerait en régime monomode.

TP n°2 : fibre optique à gradient d'indice