

# SYSTÈMES D'INJECTION DANS FIBRE OPTIQUE

## U51. ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME

### 1.1. Éléments à votre disposition

#### 1.1.1. Matériel

Voir cadre 1.

#### 1.1.2. Documentation

Voir cadre 2.

#### 1.1.3. Logiciels

Voir cadre 3.

| <b>Liste du matériel</b>                                     |
|--|
| <i>Injecteur Newport F-915</i>                               |
| <i>Cliveuse York et accessoires de clivage</i>               |
| <i>Soudeuse X75</i>  |
| <i>Jeu de lentilles</i>                                      |
| <i>Iris</i>  |
| <i>Fente ajustable</i>                                       |
| <i>Source aux halogènes</i>                                  |
| <i>Laser He-Ne</i>   |
| <i>Fibre optique monomode</i>                                |
| <i>Table 3D</i>  |
| <i>Caméra CCD ou webcam</i>                                  |
| <i>Micro-ordinateur et carte d'imagerie (eventuellement)</i> |
| <i>Imprimante</i>  |

cadre 1.

### 1.2. Introduction

Ce TP a pour but de vous sensibiliser à la difficulté d'injecter un faisceau laser de diamètre de l'ordre de 1 mm dans le cœur d'une fibre optique de diamètre inférieur à 10 µm (de section plus de 10000 fois plus petite !). On souhaite par la suite réaliser une connexion de deux fibres optiques par soudeuse et contrôler la qualité de celle-ci en vérifiant que la lumière laser injectée à une extrémité émerge à l'autre extrémité.

### 1.3. Étude de la documentation

Newport propose deux systèmes d'injection dans une fibre monomode (réf. F-1015 et F-915). Leurs descriptions et principes de fonctionnement sont donnés p. J-16 et J-18 du catalogue. Voir le dossier technique et faire le lien avec :

<http://www.newport.com/store/genproduct.aspx?id=139651&lang=1036&section=Princip>

et avec

<http://www.newport.com/store/genproduct.aspx?id=144874&lang=1036&section=Princip>

Pour des renseignements concernant les objectifs utilisés consulter le dossier technique ou faire le lien avec <http://www.newport.com/Objectifs/141071/1036/catalog.aspx>

Lire attentivement ces documents avant de poursuivre l'étude de chacun de ces systèmes et répondre aux questions.

Lire attentivement ces documents avant de poursuivre l'étude de chacun de ces systèmes et répondre aux questions :

- Dans le F-1015, où est placée la lentille divergente par rapport à la lentille objectif (voir cadre 4 : J-16) ?
- Dans le F-915, où est placé le centre de rotation du support de la lentille objectif (voir cadre 5 : J-18) ?
- De quel injecteur disposez-vous ?
- Quel est le grandissement transversal de l'objectif de microscope monté ?
- Que vaut sa distance focale ? Comment la calculer approximativement si on ne dispose pas de sa valeur ?
- À quelle distance de la face de sortie (distance de travail) faudra-t-il positionner l'entrée de la fibre optique pour optimiser l'injection ?

| <b>Liste de la documentation</b> |
|----------------------------------|
| <i>Guide du dessinateur</i>      |
| <i>Catalogue Newport</i>         |
| <i>Dossier technique</i>         |

cadre 2.

| <b>Liste des logiciels</b> |
|----------------------------|
| <i>Visulm</i>              |
| <i>Excel</i>               |

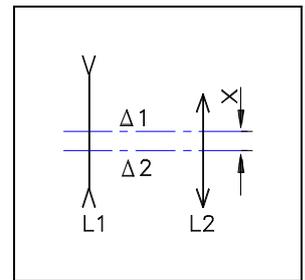
cadre 3.

|  |  |   |
|--|--|---|
| <b>S.T.S. GÉNIE OPTIQUE – OPTION PHOTONIQUE</b>  |  |   |
| Lycée Jean Mermoz – 68300 Saint-Louis – <a href="http://www.lyceemermoz.com">www.lyceemermoz.com</a> |  |   |
|                   | <b>MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME</b><br>U51 – ANALYSE FONCTIONNELLE | Durée : 2 H<br>Version : 29/08/2008<br>Page : 1/4 |

## 1.4. Étude du coupleur F-1015

### 1.4.1. Principe - But de la manipulation

L'injecteur est constitué d'un doublet formé de 2 lentilles que l'on supposera minces (voir *cadre 6*). La lentille L1 est divergente, de focale  $f'_1$  et son axe optique est  $\Delta_1$ . La lentille L2 est convergente, de focale  $f'_2$  et son axe optique est  $\Delta_2$ .



cadre 6 : Schéma F-1015.

Ce qui caractérise ce système, c'est le positionnement relatif des 2 lentilles : les 2 axes restent parallèles mais L1 peut se déplacer transversalement d'une distance X, tout en restant dans le plan focal objet de L2. L'étude théorique de cette association de 2 lentilles mène aux conclusions suivantes :

- La distance focale du doublet est égale à  $f'_2$ . (utilisation de la formule de Gullstrand ( $V = V_1 + V_2 - eV_1V_2$ , où les V représentent les vergences, c'est-à-dire l'inverse des distances focales, et e est la distance entre les 2 lentilles)
- Le plan focal image du doublet est situé à la distance  $d = |f'_2 \cdot (f'_2 - f'_1) / f'_1|$  de la lentille L2 (application de la relation de conjugaison de Descartes), c'est à dire à une distance égale à  $\left| \frac{f'_2 \cdot f'_2}{f'_1} \right|$  après  $F'_2$  (application de la relation de conjugaison de Newton)
- Lorsqu'on déplace L1 d'une distance X, le foyer image du doublet se déplace perpendiculairement à  $\Delta_2$  d'une distance  $x = R \cdot X$  avec  $R = \left| \frac{f'_2}{f'_1} \right|$ .

- Justifier l'intérêt de disposer d'un rapport de réduction R si l'on veut injecter un faisceau laser dans une fibre optique dont le diamètre de cœur est de quelques  $\mu\text{m}$ .
- Déterminer la position de F' et calculer le rapport de réduction R dans les 2 cas suivants :
  1. Système industriel F-1015 de chez Newport constitué d'une lentille divergente de focale - 254 mm placée dans le plan focal d'un objectif (que nous assimilerons à une lentille mince convergente) de faible focale 7,4 mm.
  2. Système que nous allons étudier (montage de simulation qui va suivre) constitué d'une lentille divergente de focale - 500 mm placée dans le plan focal d'une lentille convergente de focale 100 mm.

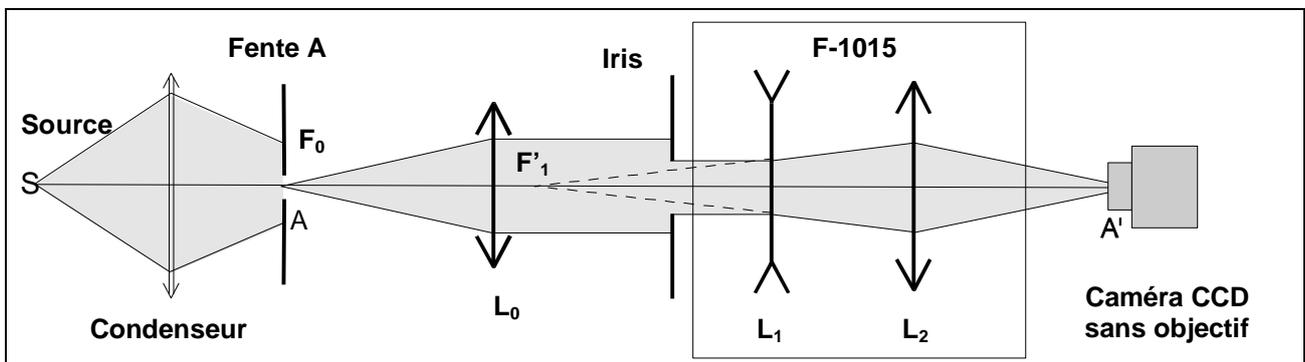
### 1.4.2. Montage de simulation

Réaliser le montage du *cadre 7* sur le marbre en veillant au départ à **aligner les axes optiques**.

La source est une fente A à l'infini (c'est à dire placée au foyer  $F_0$  d'une lentille  $L_0$ ) centrée en A.

L'injecteur est constitué d'une lentille L1 qui en donne une image en  $F'_1$  et d'une lentille L2 qui en donne une image en A'.

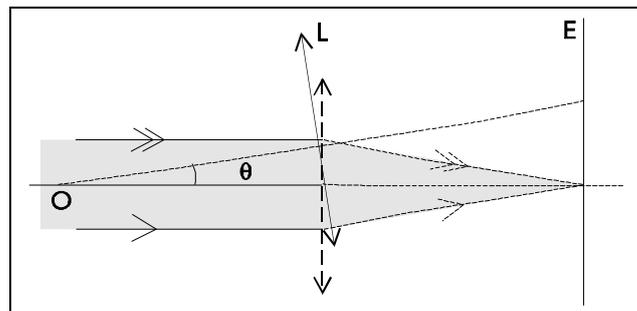
- Éclairer A à l'aide d'une source blanche munie d'un condenseur.
- Disposer A au foyer de  $L_0$  : réglage par autocollimation utilisant un miroir plan.
- Placer L1 sur une table à déplacements micrométriques.
- Placer L2 à 100 mm de L1.



cadre 7 : Montage ( $L_0 = +150$  mm,  $L_1 = -500$  mm,  $L_2 = +100$  mm).

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>S.T.S. GÉNIE OPTIQUE – OPTION PHOTONIQUE</b><br>Lycée Jean Mermoz – 68300 Saint-Louis – <a href="http://www.lyceemermoz.com">www.lyceemermoz.com</a> |   |   |
|   | <b>MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME</b><br><b>U51 – ANALYSE FONCTIONNELLE</b> | Durée : 2 H<br>Version : 29/08/2008<br>Page : 2/4 |

- Placer un diaphragme à iris contre  $L_1$  en veillant à n'utiliser que le centre de la lentille (conditions de Gauss). Il évitera les aberrations d'ouverture et limitera la quantité de lumière transmise.
- Rechercher la position de  $A'$  (image du centre  $A$  de la fente source) sur un écran. Cette image doit être nette et bien centrée sur l'axe  $zz'$  du montage. Mesurer la distance  $d$  de l'écran à  $L_2$ .
- Retrouve-t-on la distance déterminée à la dernière question du 1.4.1 ? (Environ 120 mm ; en cas de contradiction, refaire vos calculs ou/et vos réglages).
- Remplacer l'écran par une webcam sans objectif. La connecter au PC.
- Ouvrir le logiciel *Visulm*.
- Sous **Numériseur/Sélectionner numériseur**, spécifier le numériseur connecté à votre ordinateur : **Caméra USB Direct Show** (Webcam) ou **Matrix Vision mvBlueFx (1280 x 1024)** (Caméra USB)
- Sous **Numériseur/Acquisition permanente**, vérifier que l'image caméra apparaît dans le fenêtre.
- L'image de  $F$  doit apparaître nettement sur le moniteur. Au besoin, fermer l'iris, réduire la taille de  $F$  au minimum ou régler le temps de pose de la caméra en cliquant sur :
  - Pour la Webcam, **QuickCam/Plus d'options**, (voir *cadre 9*). Vérifier qu'il n'y a pas trop d'irisations (aberrations chromatiques).
  - Pour la caméra mvBlueFox, **Numériseur/Régler les paramètres de la caméra**.
- Sous **Image/Étalonner l'image**, cocher **Coordonnées image en mm suivant x et y** et spécifier le facteur d'échelle suivant x et y. On cherchera les caractéristiques du CCD sur le site *Visulm* : <http://gop.mermoz.free.fr/visuim/> ou en téléchargeant directement : <http://gop.mermoz.free.fr/visuim/cameras.pdf>.



cadre 8.



cadre 9 : Pour Webcam.

|              |   |   |     |    |
|--------------|---|---|-----|----|
| <b>X(mm)</b> | 0 | 3 | ... | 15 |
| <b>x(mm)</b> | 0 |   |     |    |

tableau 1 : Étude du rapport de réduction.

- Noter le facteur d'échelle. \_\_\_\_\_  $\mu\text{m}$  pour un pixel.
- Nous allons déplacer  $L_1$  en translation sur 15 mm par pas de 3 mm (6 tours de vis micrométrique), perpendiculairement à l'axe optique (axe des Z).
- A l'aide du curseur souris, mesurer le déplacement de la tache en mm.

Montrer votre montage à un professeur.

- Soit  $X$  la translation de  $L_1$  et  $x$  le déplacement de  $A'$ . Établir un tableau de mesures : *tableau 1*.
- Tracer (sous *Excel*)  $x = f(X)$  et sa DMC. Relever sa pente.
- En déduire le rapport  $\frac{X}{x}$  de réduction en translation.
- Sauvegarder le fichier sous *nom\_coupleur\_fo*
- Comparer au rapport des focales, conclusion.

### 1.5. Étude théorique du coupleur F-915

Dans le *cadre 8*, le schéma représente un faisceau incident parallèle à l'axe de la lentille  $L$ , focalisé au foyer principal image  $F'_p$  de la lentille.

- On considère que  $f' = 16$  mm. La tache de focalisation a un diamètre  $D$  voisin de  $f'$  multipliée par la diver-

gence du laser incident que l'on prendra égale à 1,35 mrad. Calculer D et le comparer au diamètre du cœur de la fibre qui est de l'ordre de 10  $\mu\text{m}$ .

La lentille-objectif, de distance focale  $f'$ , peut subir une rotation d'un angle  $\theta$  petit autour du point O. (O est confondu avec le foyer objet de L). Le faisceau parallèle est alors incliné d'un angle  $\theta$  par rapport à l'axe de la lentille. Le faisceau est alors focalisé au foyer secondaire image  $F'_S$  de L.

- Refaire le schéma en représentant le faisceau incident parallèle incliné d'un angle  $\theta$  par rapport à l'axe de la lentille-objectif.
- Montrer sur le schéma que le déplacement  $x = F'_P F'_S$  du point de focalisation est donné par :  

$$x = \theta \cdot f' \quad (\theta \text{ en rad}).$$