

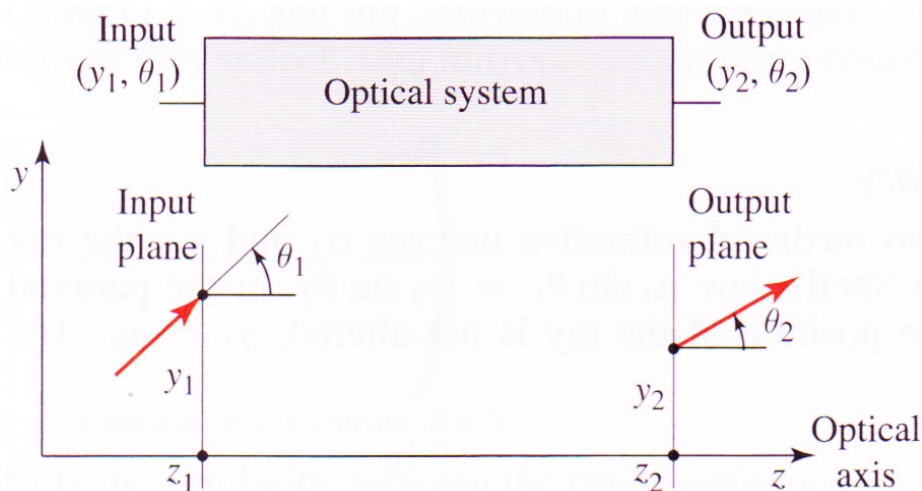
## Série 4

14 Octobre 2024

## Optique géométrique

## Exercice 1 – Matrices de transfert

Il a été vu dans le cours que dans l'approximation paraxiale, il existe une relation linéaire entre un rayon lumineux à une distance  $y_1$  de l'axe optique avec un angle  $\theta_1$  et le même rayon à une position ultérieure dans le système  $(y_2, \theta_2)$ , typiquement après s'être propagé au travers d'un système optique. Le schéma ci-dessous montre la situation :



Une relation matricielle simple, le formalisme des matrices de transfert, permet d'exprimer cette approximation :

$$\begin{pmatrix} y_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix}$$

- a) Quelle est l'interprétation physique de  $A = 0$ ,  $B = 0$ ,  $C = 0$  et  $D = 0$  (discuter les 4 cas successivement)?

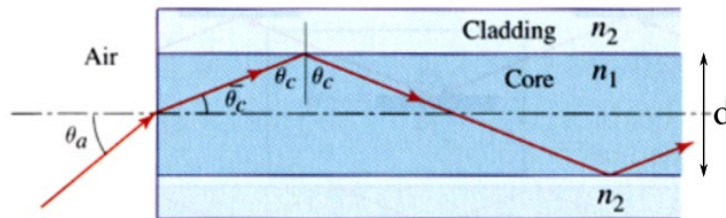
Déterminer et discuter la matrice des rayons associée (figure 1):

- b) à la propagation sur une distance  $d$  dans un milieu homogène,
- c) à une interface séparant 2 milieux d'indices  $n_1$  et  $n_2$ ,
- d) à un dioptre sphérique de rayon  $R$  séparant deux milieux d'indices  $n_1$  et  $n_2$ . Discuter ici les cas  $R > 0$ ,  $R < 0$  et la limite  $R \rightarrow \pm\infty$
- e) à une lentille constituée de dioptres sphériques de rayons  $R_1$  et  $R_2$ , espacés d'une distance négligeable sur l'axe optique. La lentille est faite d'un verre d'indice de réfraction  $n_2$  et le milieu extérieur est d'indice  $n_1$ .

## Exercice 2 – Couplage dans une fibre

Nous nous intéressons au couplage de lumière dans une fibre optique. On considère une fibre avec un diamètre de cœur  $d$  et une ouverture numérique  $NA = \sin\theta_a$

Série 4  
14 Octobre 2024  
Optique géométrique



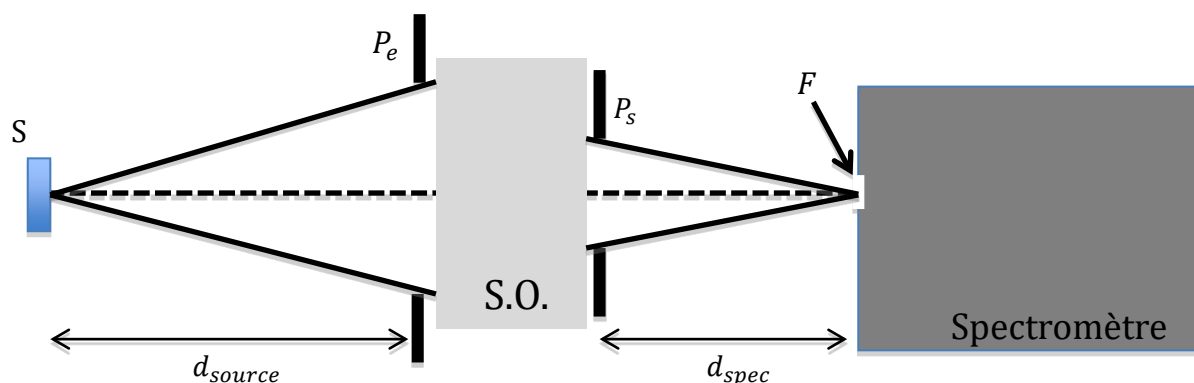
- a) Calculer l'étendue optique à l'entrée de la fibre, en considérant  $d = 9 \mu\text{m}$  et  $NA = 0.22$
- b) On considère maintenant deux sources de lumière :
  - Une diode laser qui émet de la lumière à partir d'une région de  $3 \mu\text{m}$  de diamètre avec un angle de  $25^\circ - 35^\circ$
  - Une lampe, de  $3 \text{ mm}$  de diamètre et qui émet dans toutes les directions.

Quelle source est meilleure pour coupler la lumière dans la fibre optique ?

### Exercice 3 – Étendue optique d'un spectromètre

Cet exercice est une étape supplémentaire par rapport à l'exercice 2 – couplage dans une fibre. Nous allons calculer l'étendue optique entre une source et un détecteur et calculer la surface effective perçue par le détecteur, ici un spectromètre. C'est un cas de figure qu'on rencontre couramment dans les montages expérimentaux !

La figure ci-dessous présente le montage utilisé pour caractériser le spectre d'émission d'une lampe (Source S) de taille inconnue. La lumière se propage librement jusqu'au système optique de couplage (S.O.), et une image de la source est formée à la fente d'entrée F d'un spectromètre :



Nous souhaitons étudier l'étendue optique du faisceau parcourant le système. Le diamètre de la fente d'entrée (circulaire) est de  $1 \text{ mm}$ . La pupille d'entrée  $P_e$  a un diamètre de  $40 \text{ mm}$  et celle de sortie  $P_s$  un diamètre de  $35 \text{ mm}$ ,  $d_{\text{source}} = 1 \text{ m}$  et  $d_{\text{spec}} = 100 \text{ mm}$ .

- a) Calculer l'étendue optique entre  $P_s$  et F en fonction de l'aire de  $P_s$  et F. Utiliser des approximations raisonnables pour simplifier l'intégrale ou exploiter la symétrie axiale.
- b) Procéder de la même façon pour définir l'étendue du faisceau entre S et  $P_e$ .

---

**Série 4****14 Octobre 2024****Optique géométrique**

---

- c) Dédurre de ce qui précède le diamètre de la source effective perçue par la fente du spectromètre.
- d) A présent, considérons que le spectromètre comporte des optiques internes. En particulier, un miroir sphérique de focale  $f_{spec} = 200 \text{ mm}$  crée une image de la fente d'entrée à l'infini. Quel rapport focal doit-il avoir pour préserver la surface de source échantillonnée ?