

1. Introduction

2. Optique géométrique - rayons

- guide d'ondes plan à saut d'indice : analyse 2D
- propriétés et limitations de l'analyse 2D

3. Analyse électromagnétique - champs & modes

4. Propriétés des fibres optiques de silice

5. Composants optiques fibrés et/ou intégrés

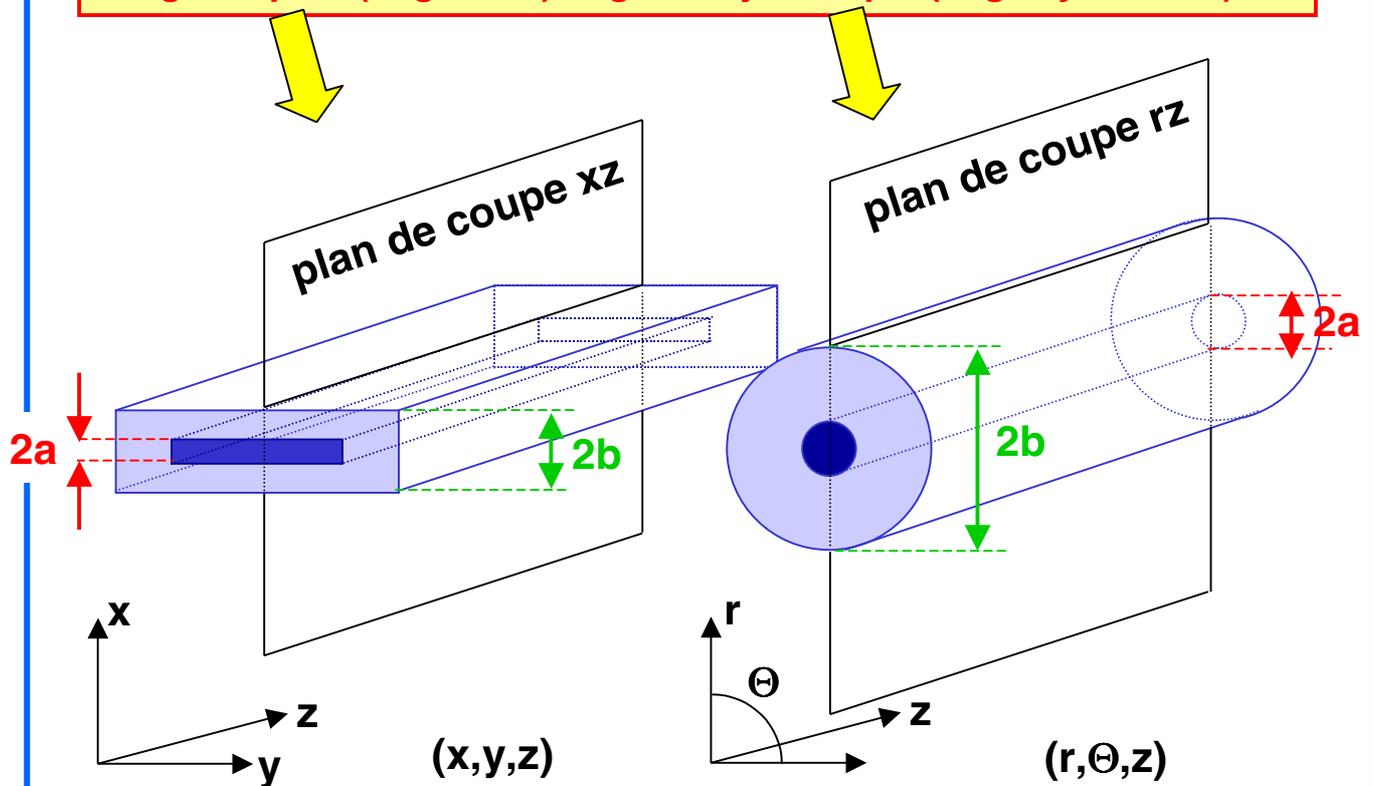
6. Senseurs

7. Conclusion et perspectives

Optique guidée : analyse par l'optique géométrique

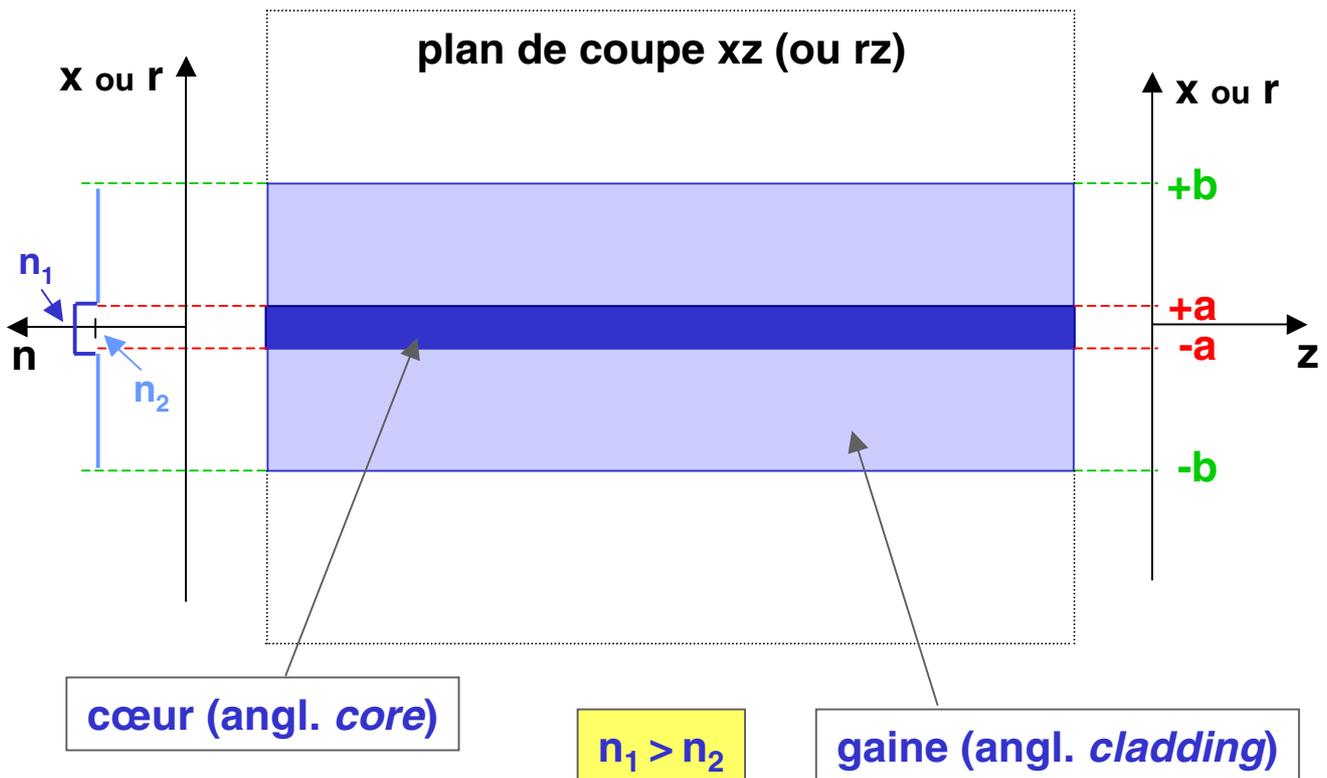
Guide d'ondes (plan) à saut d'indice (angl. *step-index waveguide*)

similitude d'approche entre :
guide plan (angl. *slab*) et guide cylindrique (angl. *cylindrical*)



description bidimensionnelle (x,z) ou (r,z) du guidage optique

Guide d'ondes à saut d'indice : analyse bidimensionnelle



hypothèses supplémentaires de modélisation :

dimensions géométriques **a** et **b** \gg que la longueur d'onde λ

symétrie de translation en z (c-à-d : pas de courbure)

description invariante selon la 3ème dimension y ou Θ

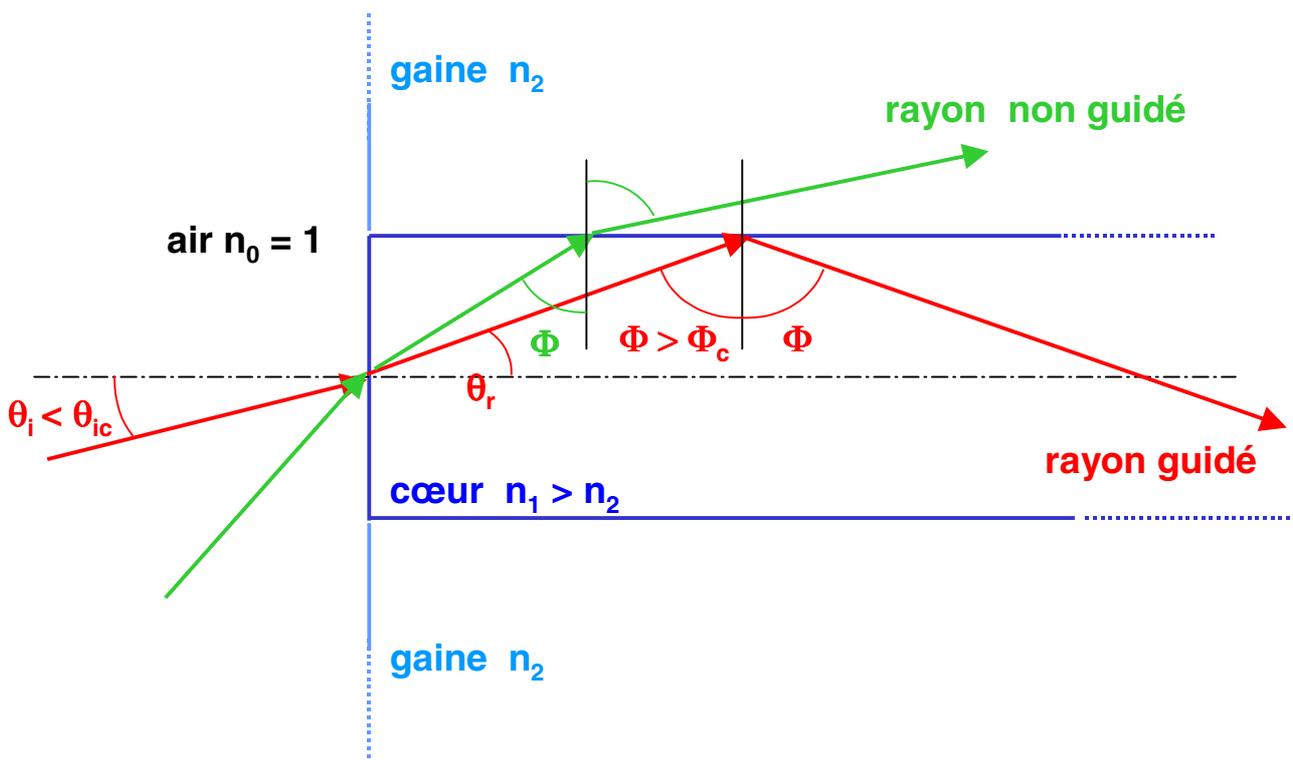
pas de pertes

gaine optique infinie (c-à-d : **b** \gg **a**)

NB : le cœur et la gaine **optiques** peuvent être insérés dans un empilement complexe de couches d'indices différents

2. Optique géométrique - guide SI

- approche géométrique = propagation de rayons
- loi de Snell-Descartes = réfraction et réflexion interne totale



$$n_0 \sin \theta_i = n_1 \sin \theta_r$$

$$n_0 \sin \theta_{ic} = \sin \theta_{ic} = n_1 \sin \theta_{rc} = n_1 \cos \Phi_c$$

$$n_1 \sin \Phi_c = n_2 \sin 90^\circ = n_2$$

$$\cos \Phi_c = [1 - \sin^2 \Phi_c]^{1/2} = [1 - (n_2 / n_1)^2]^{1/2}$$

Si $\Phi > \Phi_c$

le rayon correspondant est guidé

- ouverture numérique (angl. Numerical Aperture NA)

NA est liée à la 1/2 ouverture du cône d'acceptance du guide SI

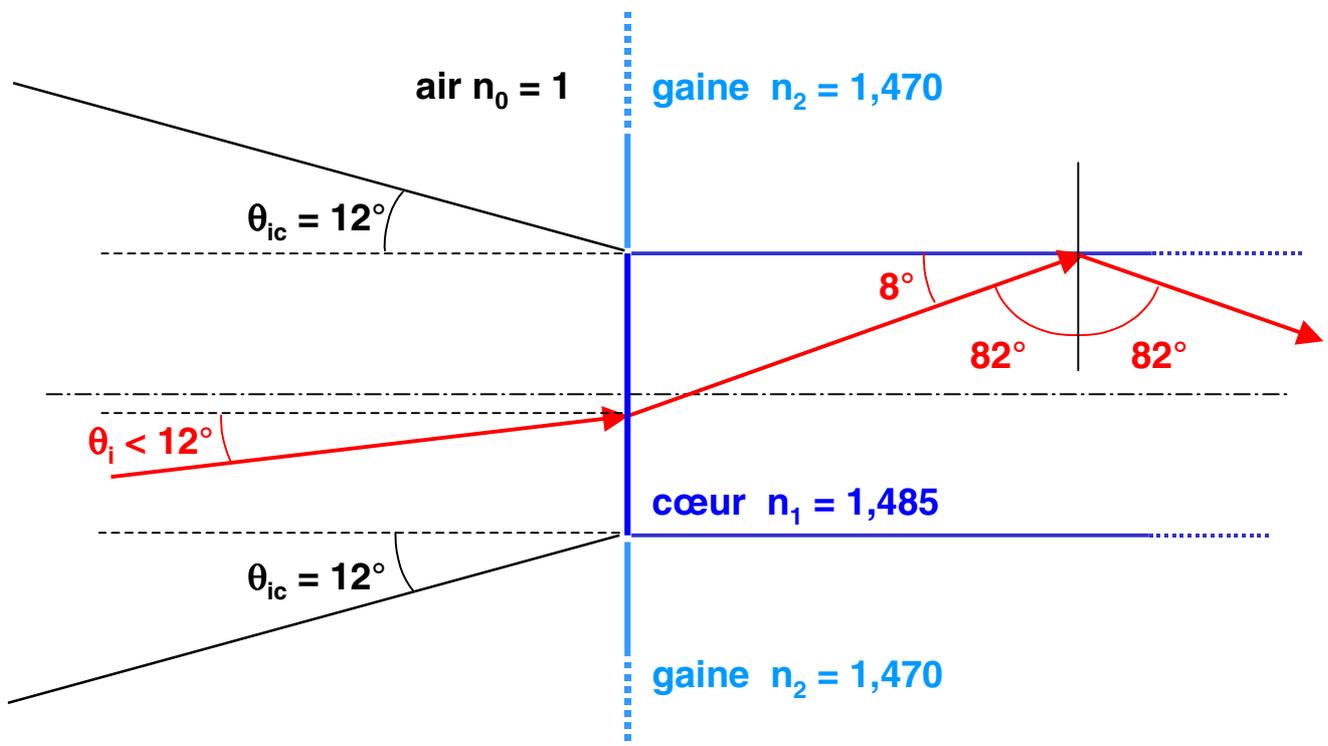
$$NA = n_0 \sin \theta_{ic} = n_1 [1 - (n_2 / n_1)^2]^{1/2} = [n_1^2 - n_2^2]^{1/2}$$

rappel hypothèse : $n_1 \approx n_2 \Rightarrow n_1^2 - n_2^2 = (n_1 - n_2)(n_1 + n_2) \approx 2 n_1 (n_1 - n_2)$

$$NA = n_1 [2 \Delta]^{1/2}$$

$$\Delta = \text{différence relative d'indices} = (n_1 - n_2) / n_1$$

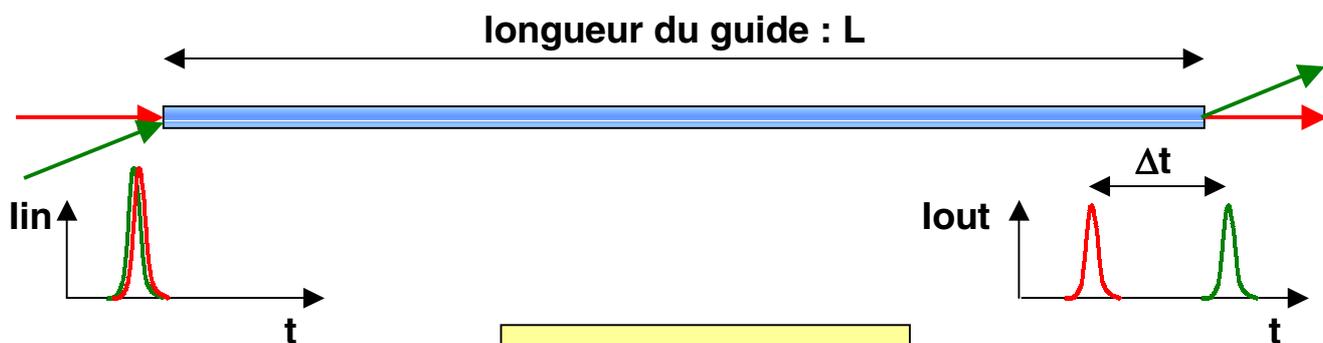
ordres de grandeur typiques* pour les guides de silice : $\Delta \approx 0,01$ & $n_1 \approx 1,485$



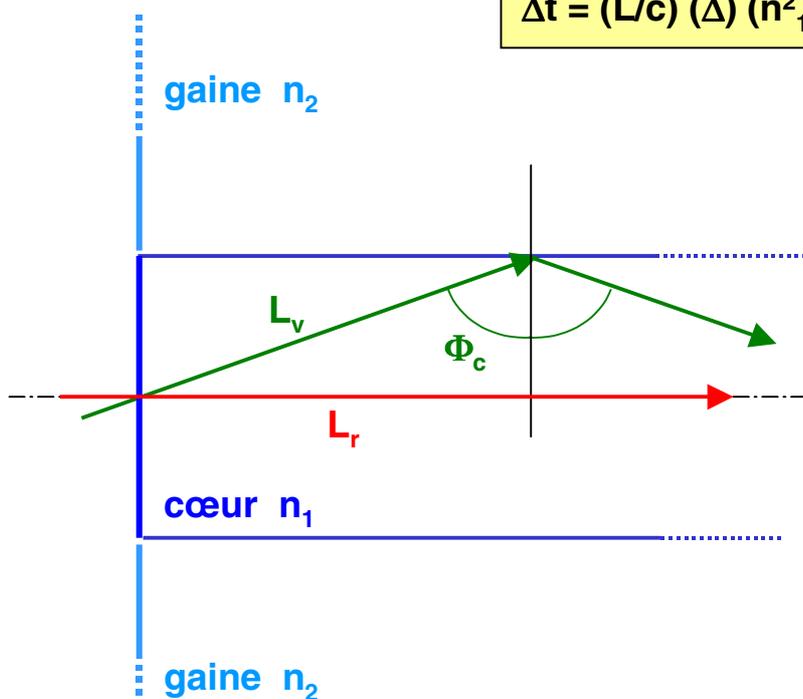
(* : limitation $\Delta < 0,01$ due aux contraintes liées aux matériaux)

2. Optique géométrique - guide SI

- différence de temps de vol entre les rayons guidés
(dispersion intermodale)



$$\Delta t = (L/c) (\Delta) (n_1^2 / n_2)$$



$$\begin{aligned} \delta l &= L_v - L_r \\ &= L_r (1/\sin \Phi_c) - L_r \\ &= L_r [(n_1/n_2) - 1] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= \Sigma (\delta l) \\ &= L [(n_1/n_2) - 1] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta t &= \Delta L / (c/n_1) \\ &= (L/c) (n_1) [(n_1 - n_2) / n_2] \\ &= (L/c) (n_1) [(n_1 \Delta) / n_2] \end{aligned}$$

ordres de grandeur typiques* : $\Delta \approx 0,01$; $n_1 \approx 1,485$ & $L = 10 \text{ mm}$

$\Delta t \approx 340 \text{ fs} = 0,34 \text{ ps}$



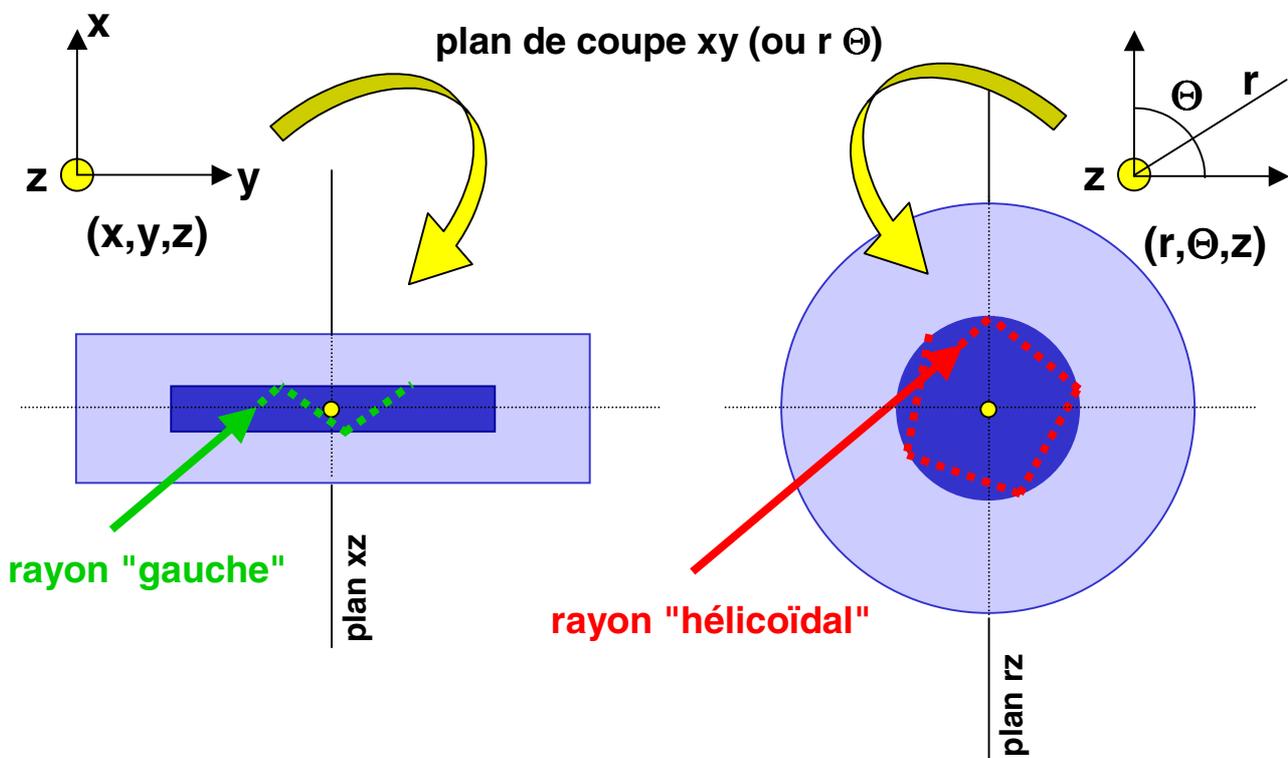
compromis sur Δ : NA croît avec Δ mais Δt croît également avec Δ

Guide d'ondes à saut d'indice :
limitations de l'analyse bidimensionnelle

• non description des rayons hors plan xz (ou rz)

guide plan (*slab*)

guide cylindrique (fibre)



• non description des effets de diffraction liés au guidage (quoique ...)

⇒ **nécessité d'une approche électromagnétique**