Optimisation et applications (M3)

Laurent Dumas (UVSQ), Marx Cerf (EADS)

http://dumas.perso.math.cnrs.fr/M3.html

PARTIE 1: Méthodes d'optimisation sans gradient

Description du projet:

« Deux problèmes d'optimisation globale sans gradient »

Objectifs du projet associé au cours « Optimisation sans gradient »

- Recherche de l'optimum global pour deux problèmes applicatifs:

  - le problème des réseaux de Bragg
  - le problème de Lennard Jones

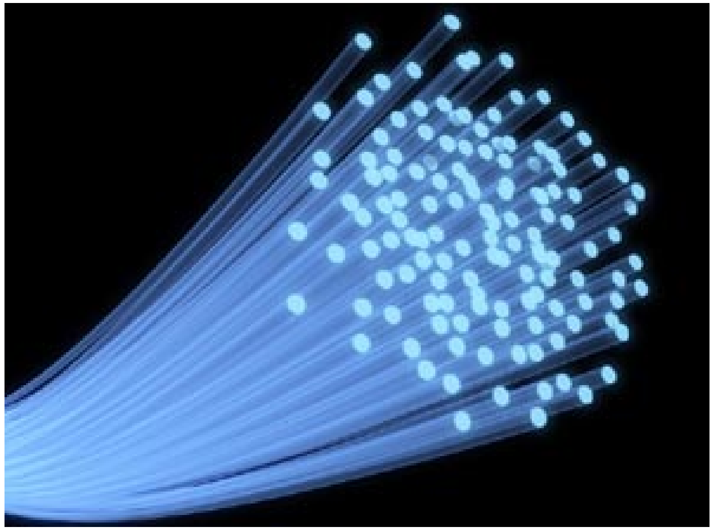
- Optimisation avec deux types de méthodes globales:

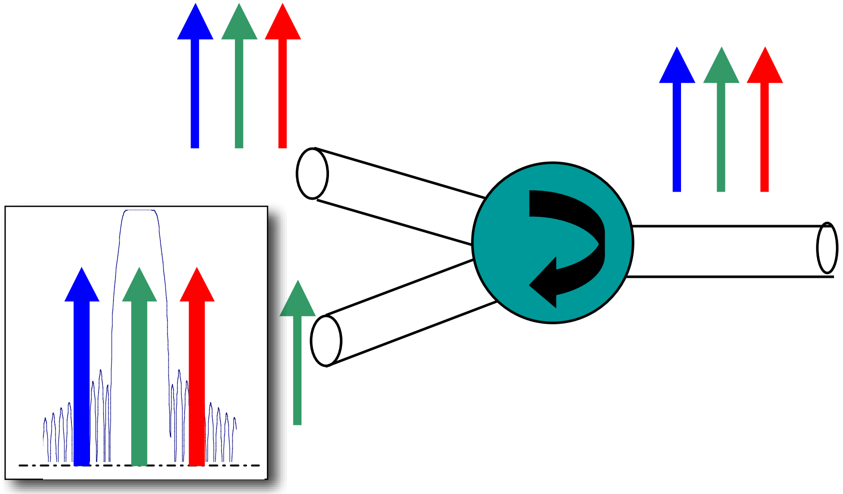
  - une méthode de type déterministe (DIRECT)
  - une méthode de type stochastique (CMA-ES)

- Données fournies:

  - calcul de la fonction coût
  - résultats d'optimisation obtenus avec deux autres méthodes (recuit simulé+gradient, PSO)

Problème 1: optimisation de forme d'un réseau de Bragg



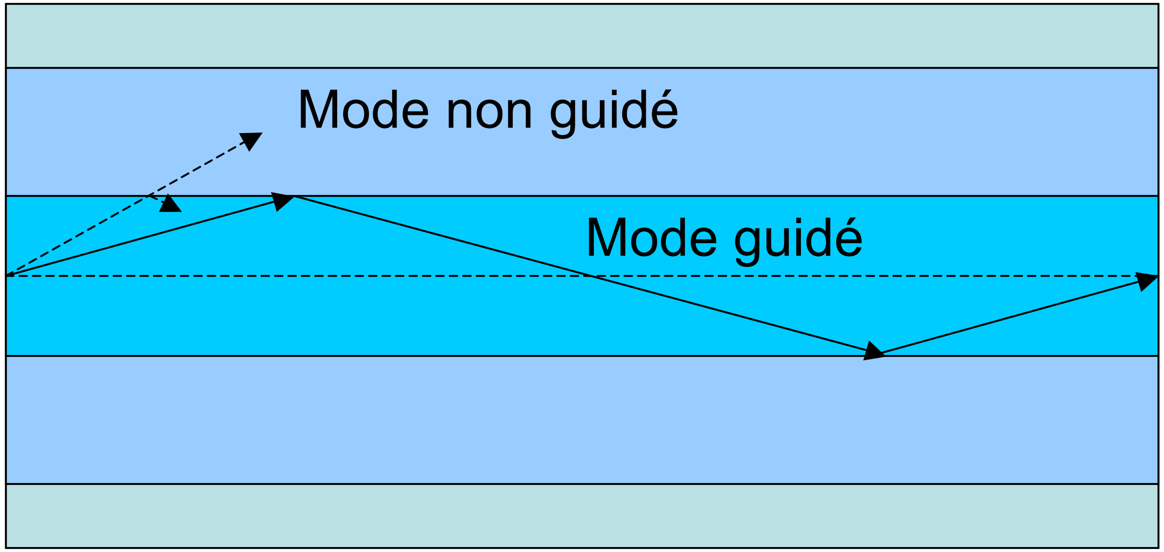


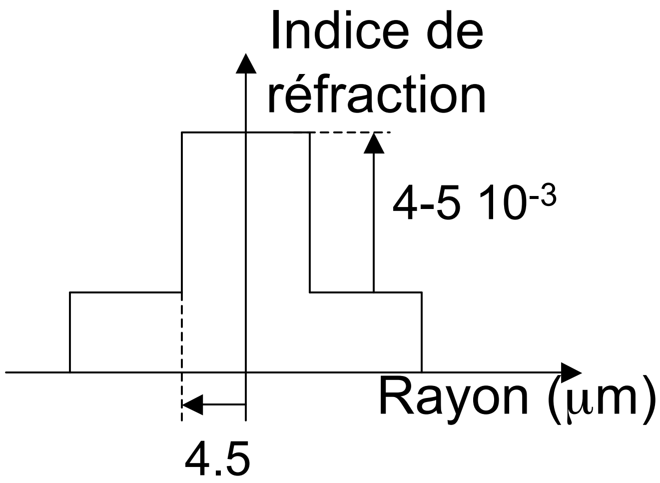
-**Objectif:** étant donné la forme d'un filtre en longueur d'onde, déterminer les caractéristiques d'une fibre optique (réseau de Bragg) permettant d'obtenir ce filtre.

Problème posé par: Alcatel.

Problème 1: optimisation de formes de réseaux de Bragg

Fibre monomode standard de télécommunication à saut d'indice:

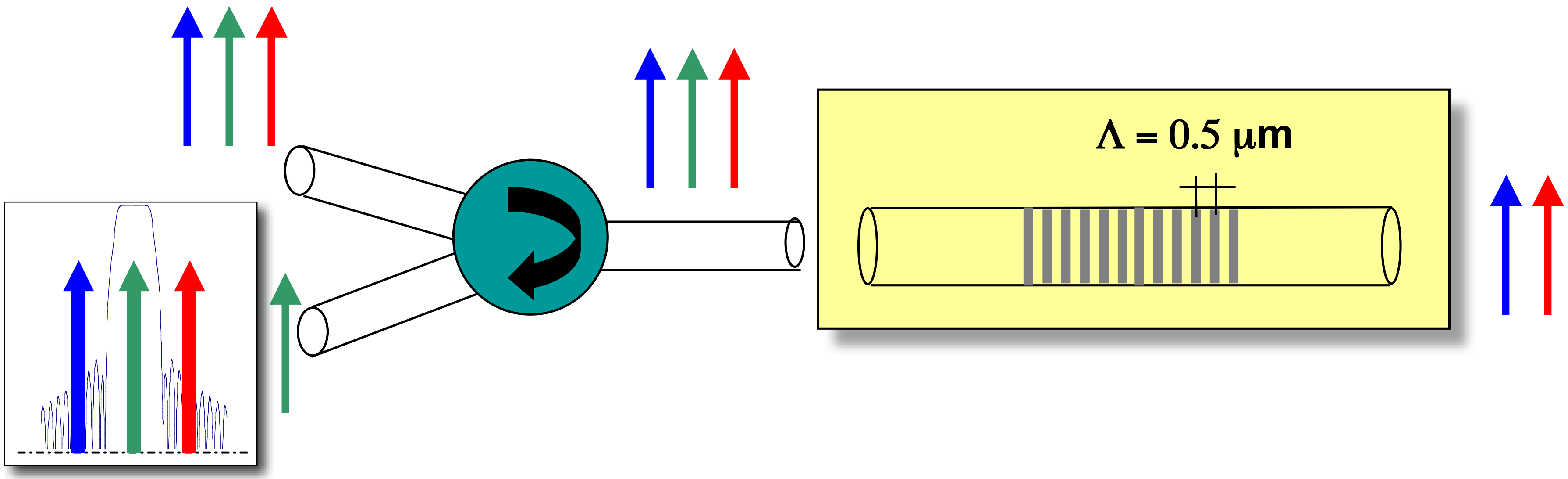




- L'indice du cœur est augmenté grâce à un dopant: le germanium

Problème 1: optimisation de formes de réseaux de Bragg

- Dans un réseau de Bragg (ou FBG), une modulation périodique et permanente de l'indice de réfraction de la silice dopée au germanium est effectuée sous irradiation UV



(spectre de réflectivité)

- Possibilité de travailler la forme de la modulation d'indice suivant la fonction de filtrage recherchée (mono ou multi canal)

Problème 1: optimisation de formes de réseaux de Bragg

• L'indice de réfraction général d'une réseau de Bragg est donné à l'aide d'une fonction quasi-sinusoïdale dans la direction longitudinale z:

$$n(z)=n_0+\delta n(z)\cos(2\pi z/\Lambda_0) \qquad z\in[0, L]$$

avec les notations suivantes:

n_0 : indice de réfraction initial du cœur

Λ_0: période du réseau (ou $\lambda_B= 2\, n_0\Lambda_0$: longueur d'onde associée)

$\delta n(z)$: amplitude de l'indice à variation lente (appelée apodisation)

• Le problème d'optimisation, de type inverse, consiste donc à trouver la bonne fonction d'apodisation réalisant les caractéristiques de filtrage voulues.

Problème 1: optimisation de formes de réseaux de Bragg

• Certaines hypothèses sont faites pour calculer le spectre de réflectivité (fibre sans perte et monomode dans la bande spectrale, faible différence d'indice cœur-gaine).

• Pour toute longueur d'onde λ dans la bande de transmission, les enveloppes $b_F(z,\lambda)$ et $b_B(z, \lambda)$ des deux ondes, incidente et réfléchie, sont alors solution d'un système couplée d'EDO linéaires du premier ordre à coefficients complexes:

$$\boxed{\begin{cases} \dfrac{db_F(z,\beta)}{dz} + i\beta b_F(z,\beta) = q(z) b_B(z,\beta) \\ \dfrac{db_B(z,\beta)}{dz} - i\beta b_B(z,\beta) = \bar{q}(z) b_F(z,\beta) \end{cases} \quad z \in [0,L],, \ \beta \in \mathbf{R} \qquad (1)}$$

avec $\begin{cases} b_F(0,\beta) = 1 \\ b_B(L,\beta) = 0 \end{cases}$ $\quad \beta = \dfrac{2\pi n_0}{\lambda} - \dfrac{\pi}{\Lambda_0}$ $\quad$ et $\quad q(z) = -\dfrac{i\pi}{2n_0\Lambda_0}\delta n(z) \exp(-i\Phi(z))$

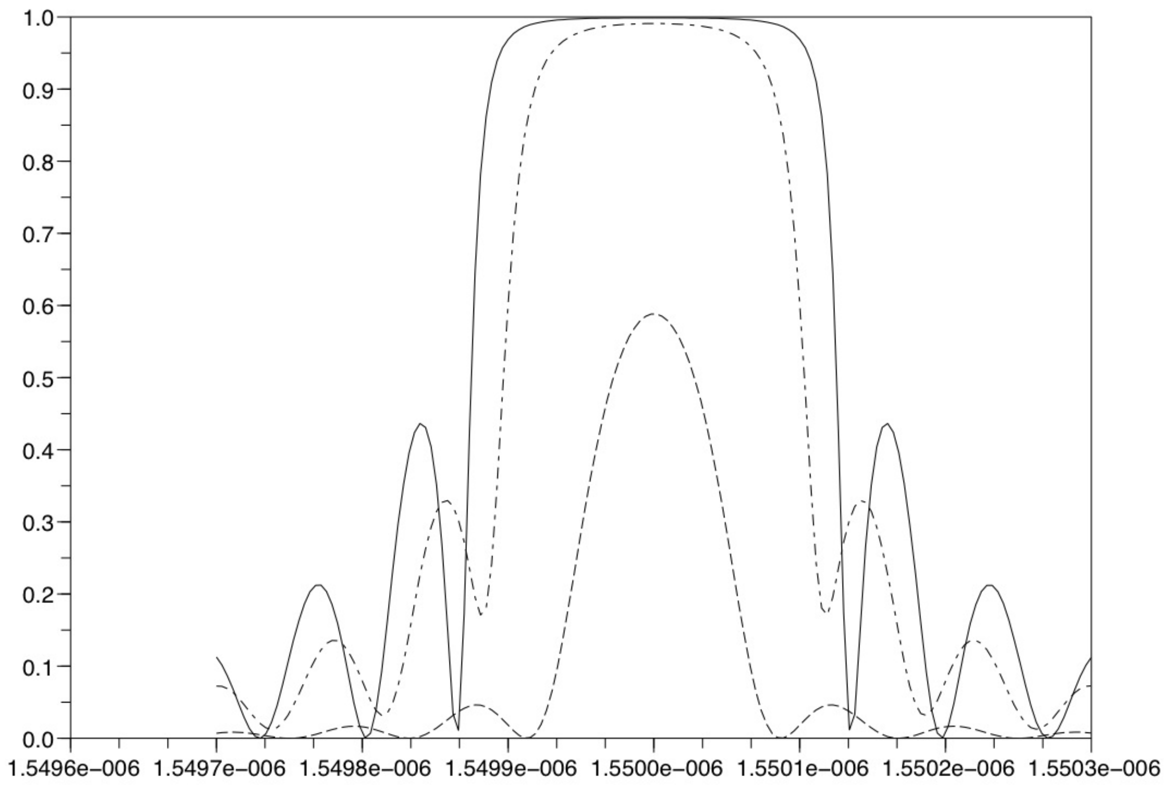
Problème 1: optimisation de formes de réseaux de Bragg

•Le spectre de réflectivité du réseau de Bragg est alors donné par la fonction $\lambda \rightarrow R(\lambda) = | r(\lambda) |^2$ avec $r(\lambda) = b_B(0,\lambda) / b_F(0,\lambda)$

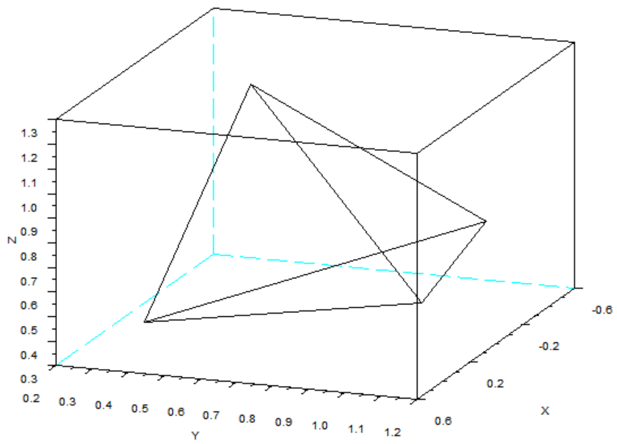
•Pour le calcul du spectre de réflectivité d'un réseau de Bragg quelconque, en notant $r(z,\lambda) = b_B(z,\lambda) / b_F(z,\lambda)$, on observe que $r(., \lambda)$ satisfait une EDO de Ricatti pouvant être intégrée numériquement de manière rétrograde.

Problème 1: optimisation de formes de réseaux de Bragg

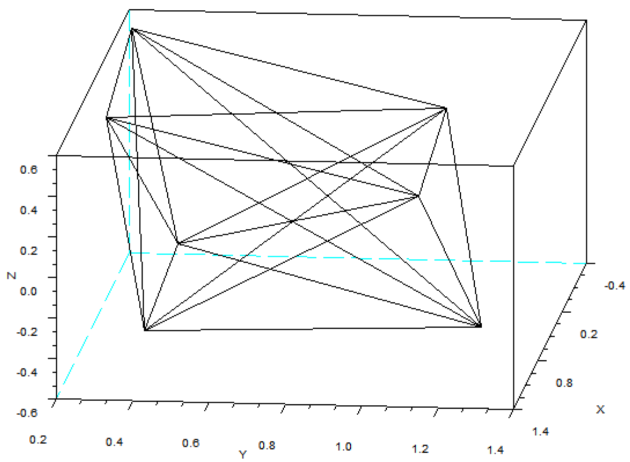
•Les figures ci dessous correspondent au spectre de différents FBG (L=10cm, n_0=1.45, λ_B=1550nm) pour plusieurs fonctions d'apodisation:



Problème 2: configuration d'une molécule d'énergie minimale (problème de Lennard Jones)



N=4 atomes



N=7 atomes

- **Objectif**: *déterminer la position de N atomes minimisant le potentiel de Lennard Jones de la molécule associée:* $V(r) = 1/r^{12} - 2/r^{6}$ *pour 2 atomes à une distance r.*

Déroulement pratique

- Trois séances de travail (obligatoires) sont organisées les mardi 14, 21 et 28 janvier avec quelques compléments de cours.

- Date de la soutenance (pour les 2 projets): mardi 18 février.

- Chaque soutenance (en binôme) consistera en la rédaction et la présentation de transparents pendant 20 minutes, accompagnés d'un code Matlab/Scilab d'illustration.