Apodisation de Fibres à Réseaux de Bragg Echantillonnées pour la synthèse de codes CDMA spectral

Benjamin Ivorra - Bijan Mohammmadi - (I3M – UM2)
Yves Moreau – Guillaume Pille (CEM2 – UM2)
Laurent Dumas (Paris 6)
Olivier Durand (Alcatel R&I)

Présentation

1-CDMA Spectral

2-Méthodes d’optimisation

Algorithme génétique

Méthode semi-déterministe

3-Optimisation de SFBG: application au CDMA spectral

4-Conclusion et perspective (exemple microfluidique)

Chapitre I: CDMA Spectral

Code Division Multiple Access

- Technique utilisée en radiofréquence (mobiles de 3ème génération) :
  - Accès multiple.
  - Partage de ressources flexible non limité par l'implémentation physique.
  - L'étalement du spectre rend le signal moins sensible aux fluctuations sélectives en fréquence.
  - Sécurité de la transmission : un signal codé apparaît comme étant du bruit.

Vers le CDMA Optique :

- **Les codeurs et décodeurs sont optiques.**
- **Optimise le nombre d'utilisateurs d'une fibre.**
- **Utilise des sources non cohérentes (Super LED, EDFA).**

Le CDMA : principe général

Chaque symbole « 1 » ou « 0 » est codé en une séquence de « chips » (CDMA Temporel) ou en un spectre (CDMA en longueur d'onde).

Code C_A = [1,-1,1,1,-1,1,-1,-1]

Code C_B = [-1,-1,1,-1,1,1,-1,1]

Message A : [1,0,1]

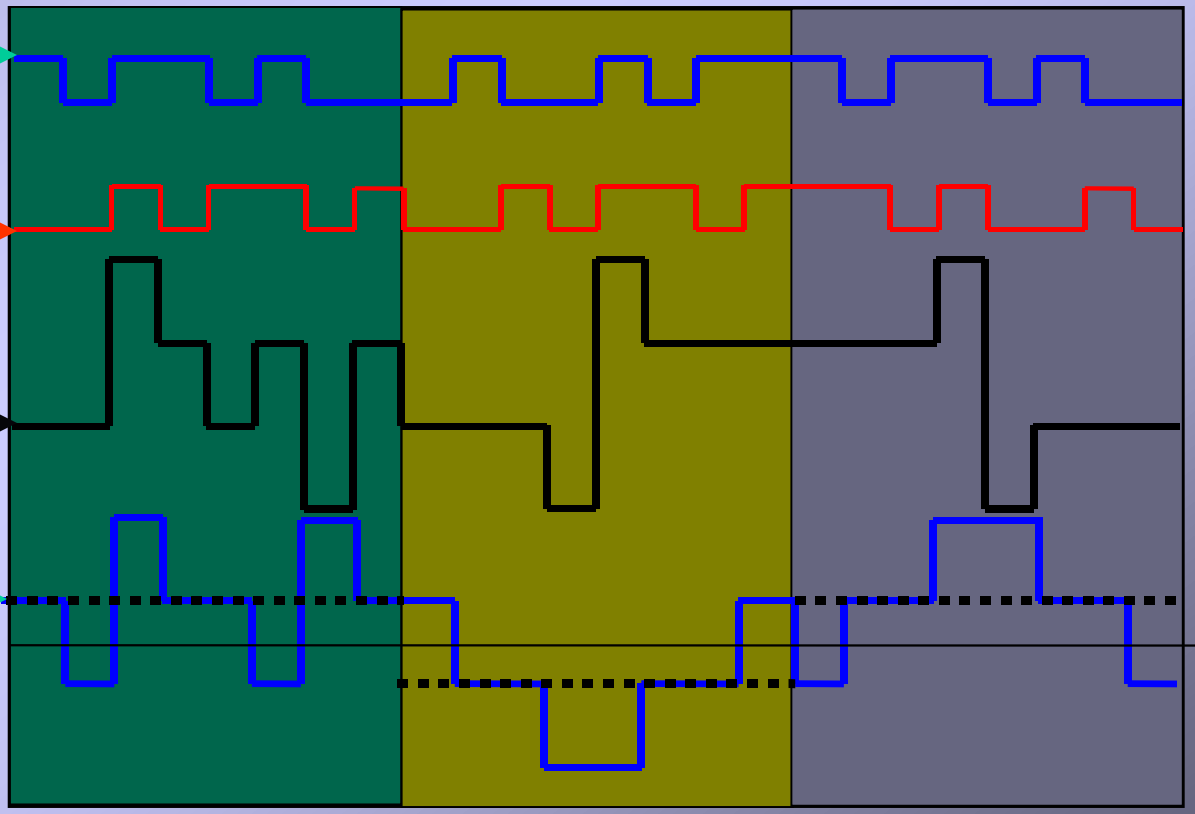
Codé [C_A;-C_A;C_A]

Message B : [1,1,0]

Codé [C_B;C_B;-C_B]

Message Transmis = somme des signaux codés : A+B

Décodage de A : Corrélation avec C_A

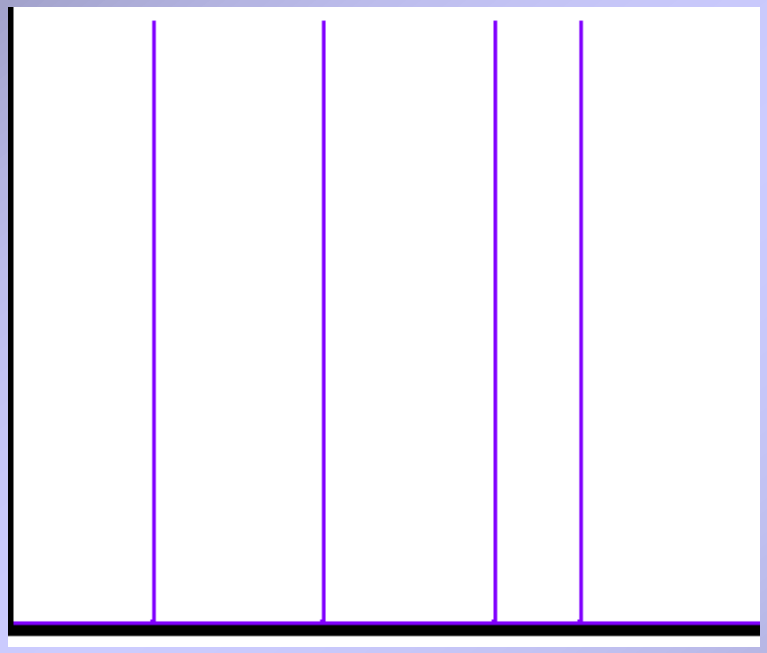


= (Signal Transmis * C_A) + filtrage passe-bas (CDMA temporel)

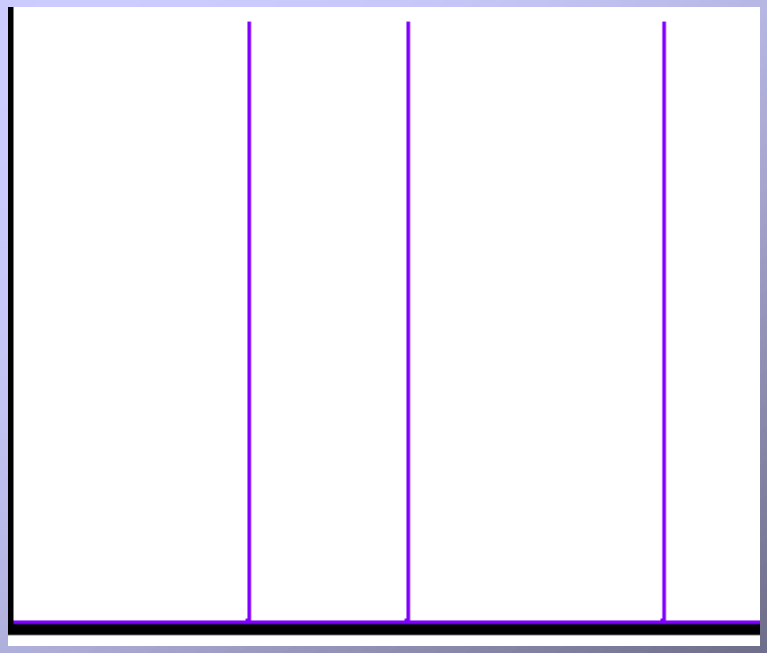
Le CDMA Spectral: principe général

Les codes sont générés par des spectres à ‘trous’.
On choisit en fonction du nombre d’utilisateur souhaités *n* longueurs d’ondes : $[\lambda_1,\ldots,\lambda_n]$.
Par exemple: Pour 7 longueurs d’onde le code *1* et *0* pour un utilisateur donné peut être généré par les spectres:

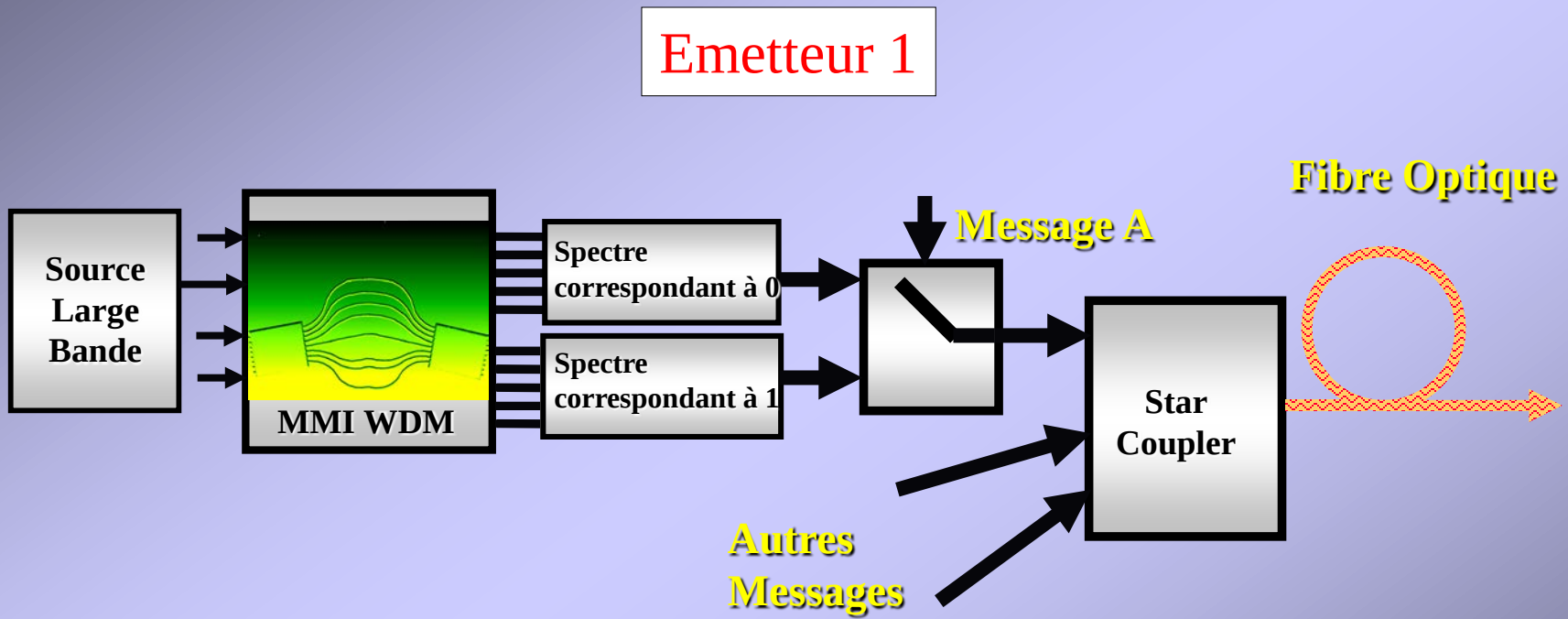
Code 1



Code 0

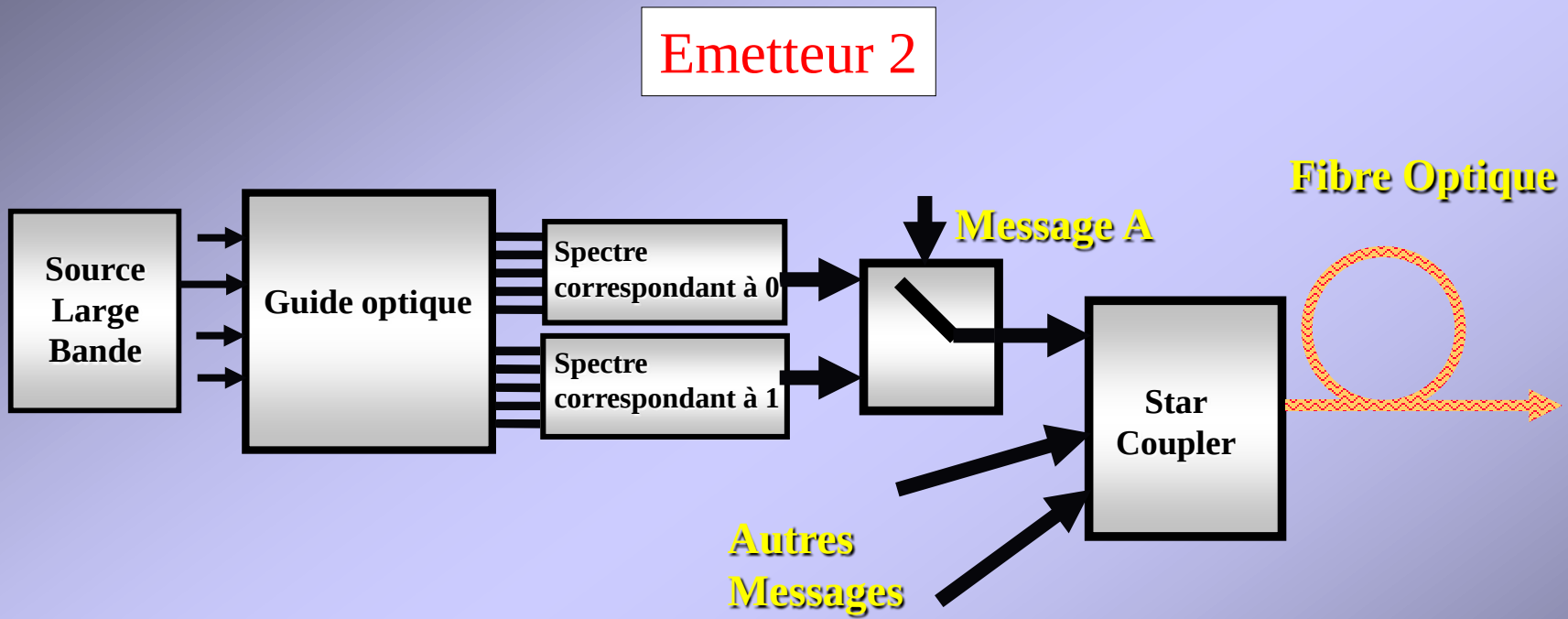


Le système CDMA spectral



- Le WDM à MMI construit le code spectral correspondant à « 0 » et « 1 ».
- Un changement d'entrée provoque un changement de code.
- Requiert une source non cohérente (type Super LED), faible coût.

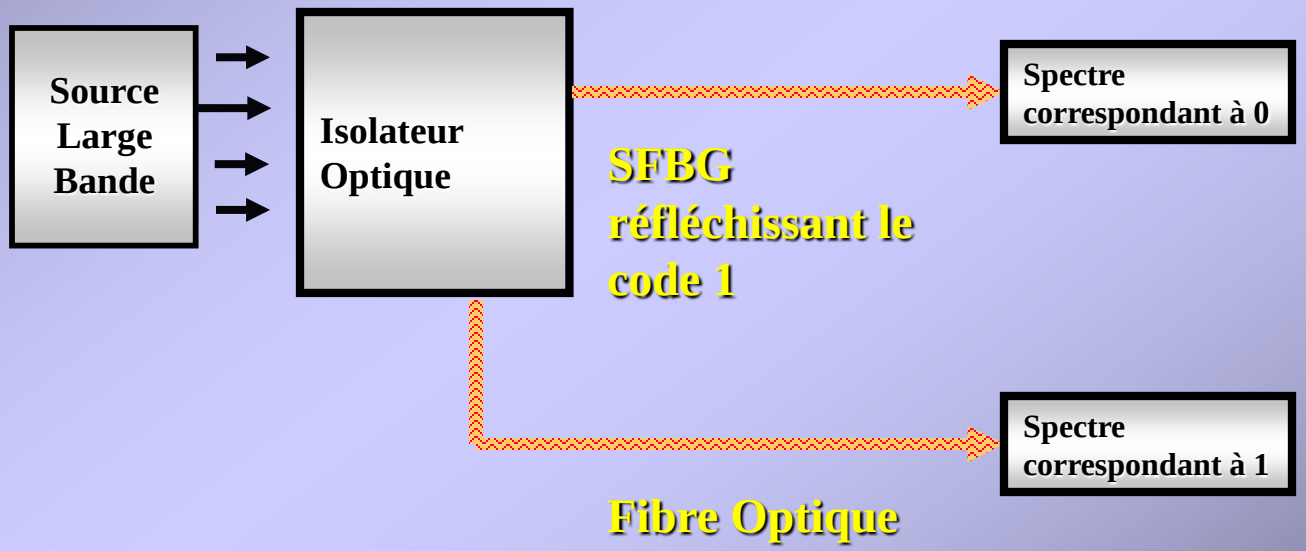
Le système CDMA spectral



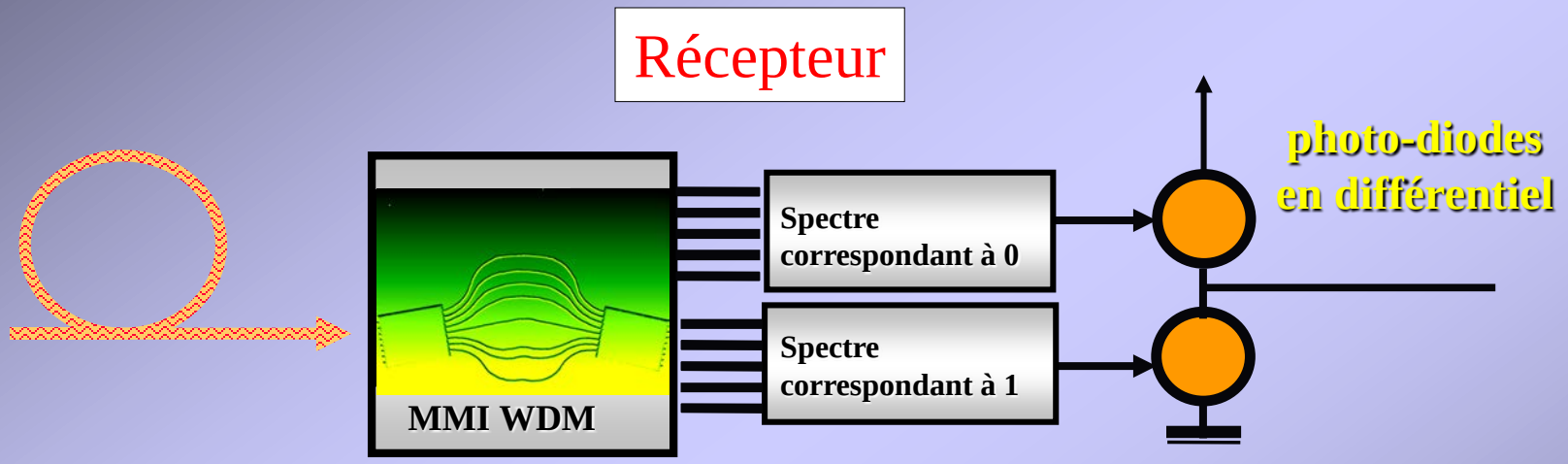
- Le guide optique construit le code spectral correspondant à « 0 » et « 1 ».
- Un changement d'entrée provoque un changement de code.
- Requiert une source non cohérente (type Super LED), faible coût.

Le système CDMA spectral

Guide optique



Le système CDMA spectral



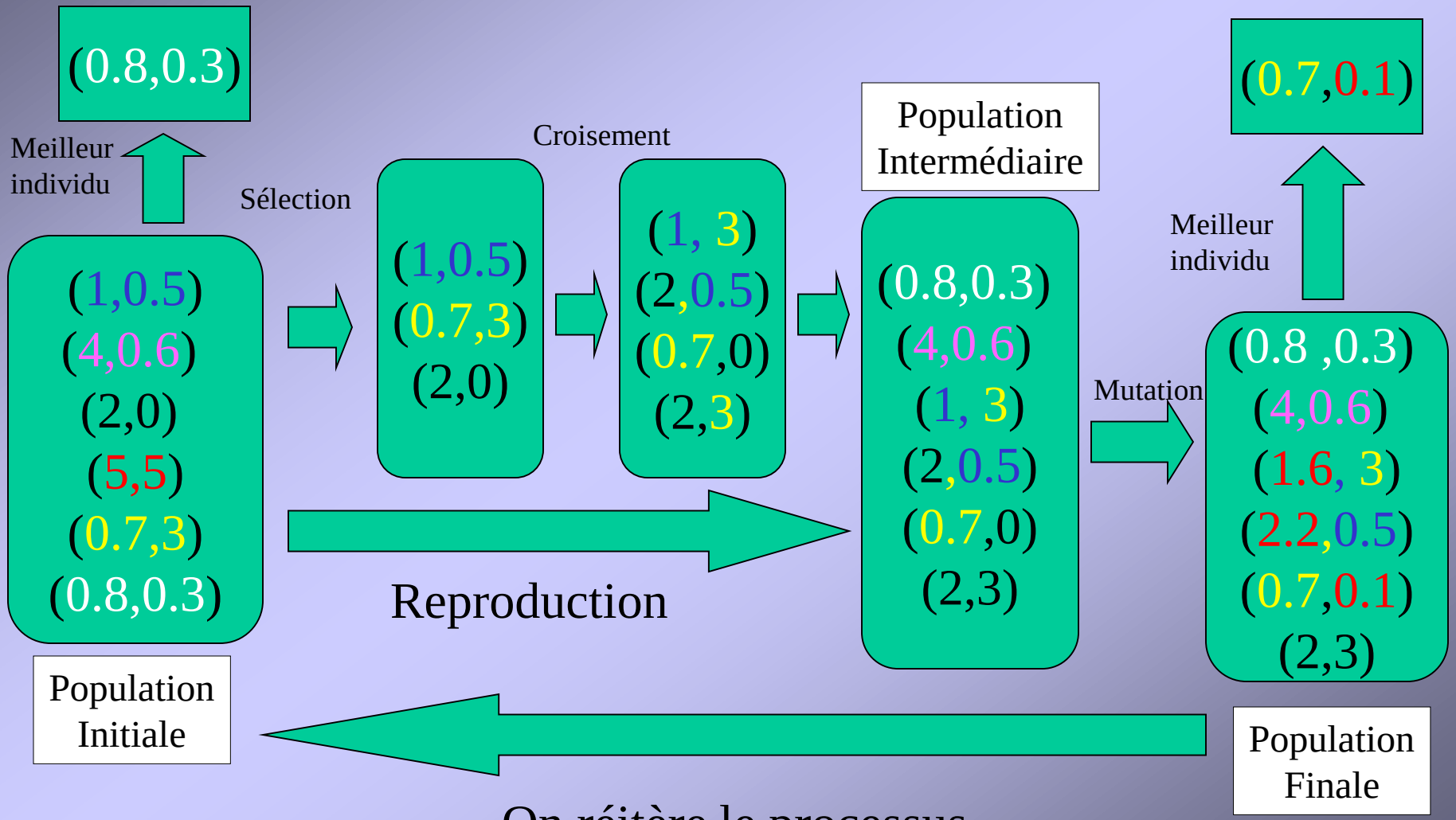
- Détection différentielle : maximum pour le code reconnu, minimum pour son complémentaire, mais neutre pour un spectre créé par un autre code.

- Nécessité d'utiliser des codes orthogonaux (intercorrélation = 1).

Chapitre II: Méthodes d’optimisation

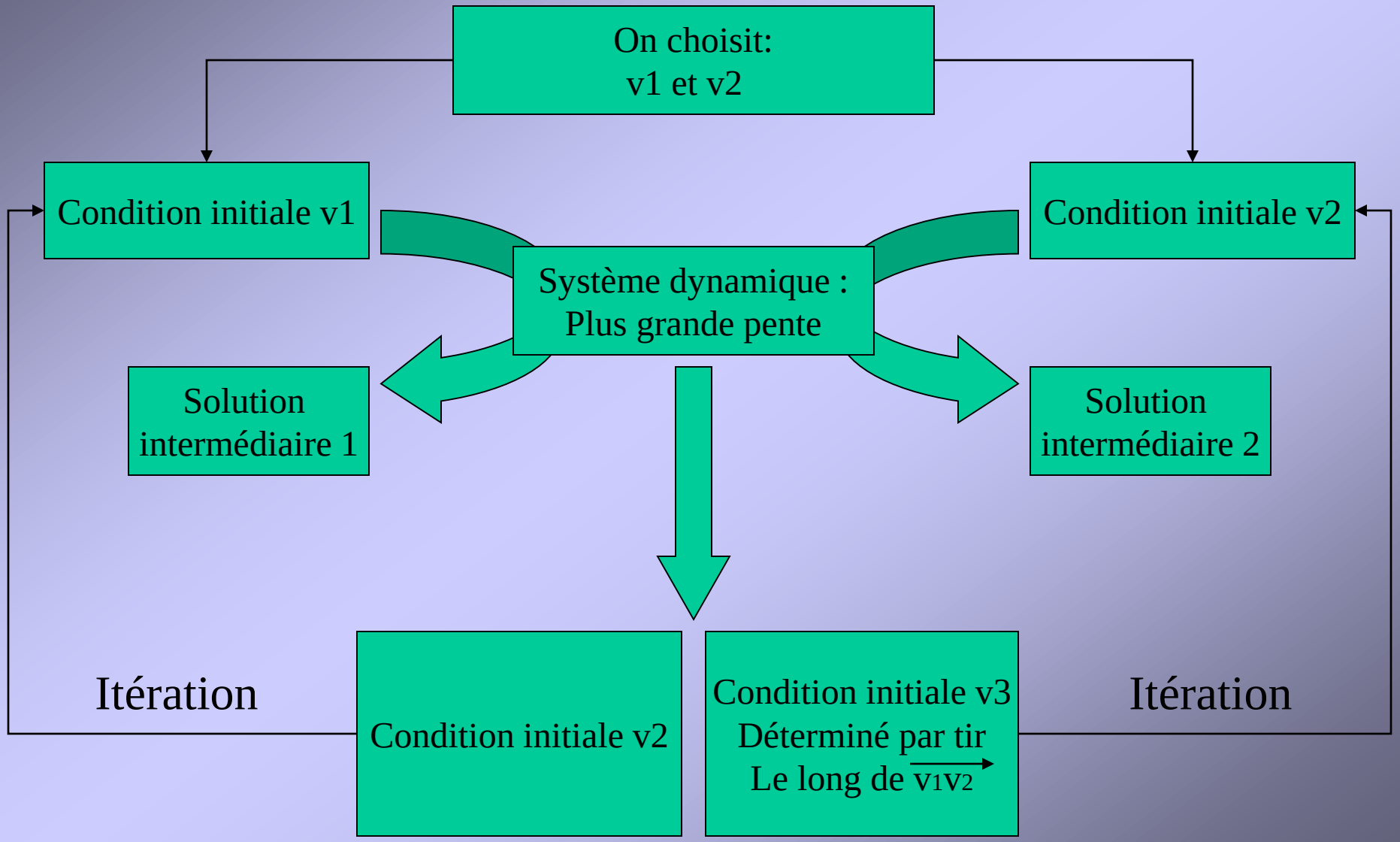
Algorithme Génétiques (GA)

On veut chercher le minimum de la fonctionnelle: $J(x)=x_1^2+x_2^2$



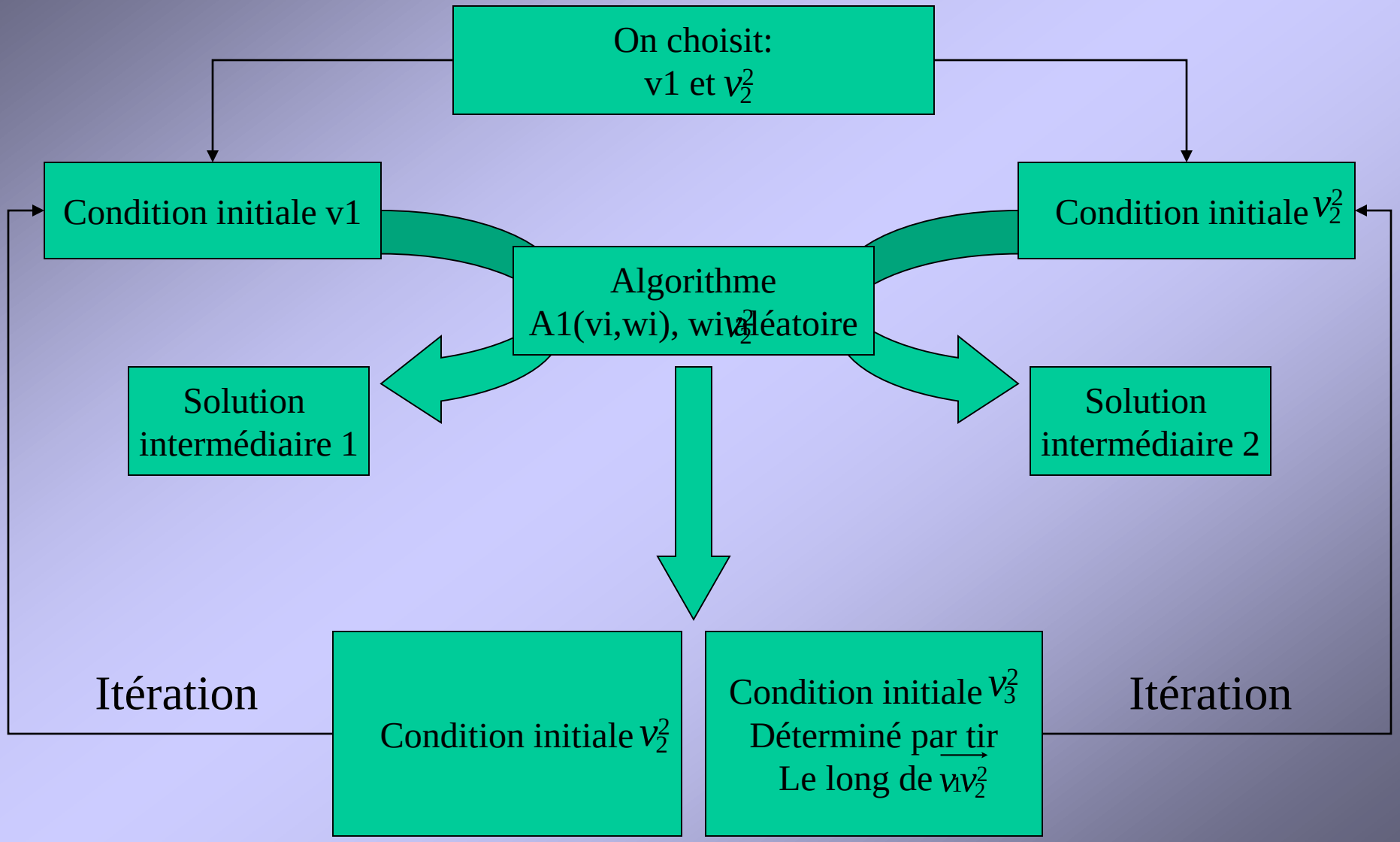
Algorithme Semi déterministe (SDA) : simple couche

On veut minimiser une fonctionnelle J. On note l'algorithme $A_1(v_1,v_2)$:



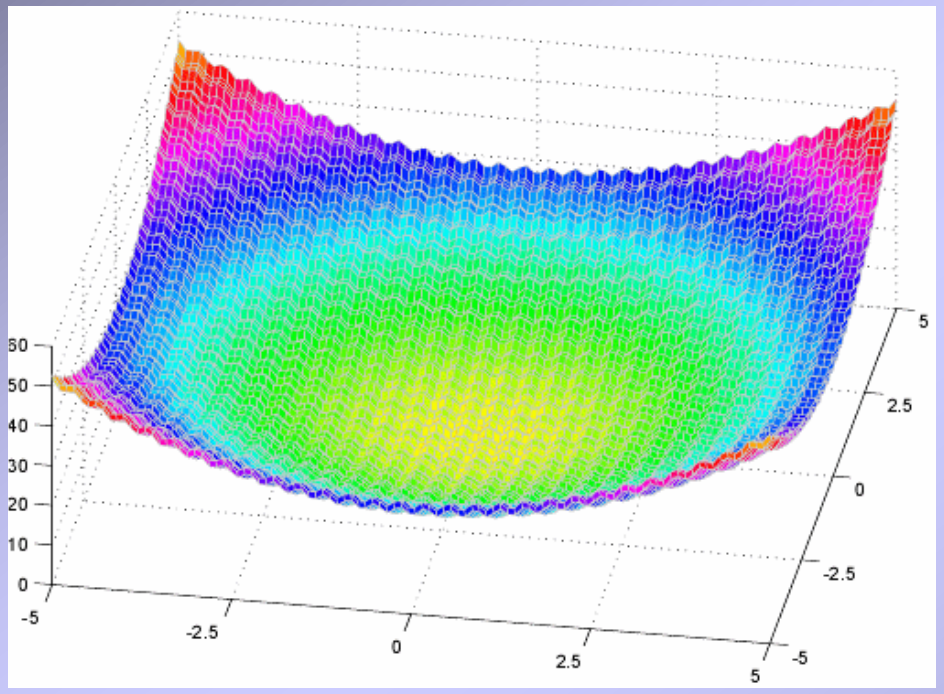
Algorithme Semi déterministe (SDA) : double couches

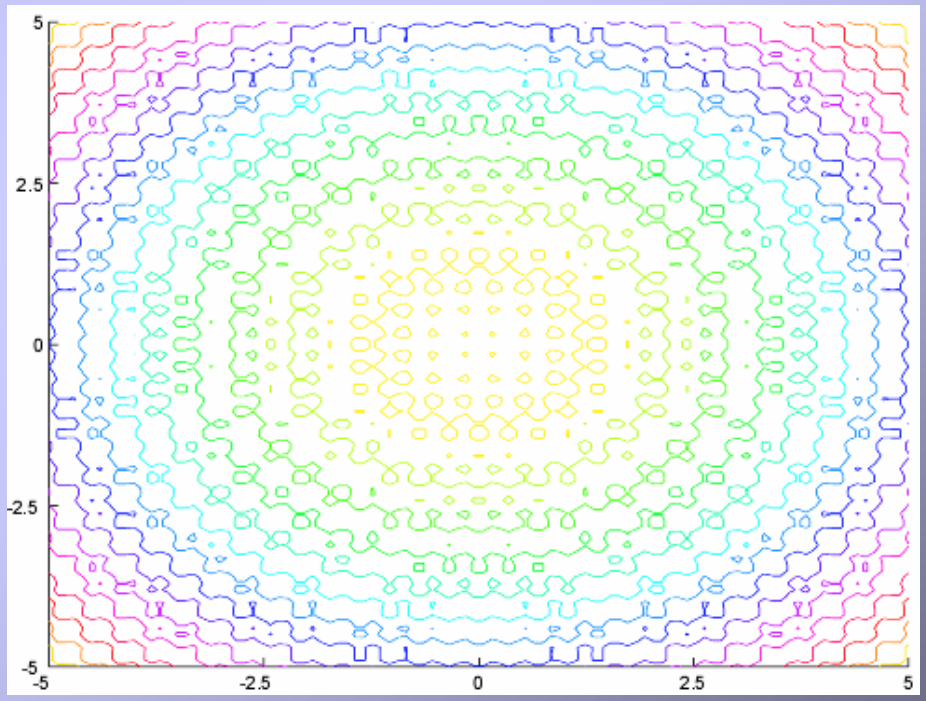
On veut minimiser une fonctionnelle J. On note l'algorithme $A_2(v_1, v_{2,2})$:



Fonction de Rastringin

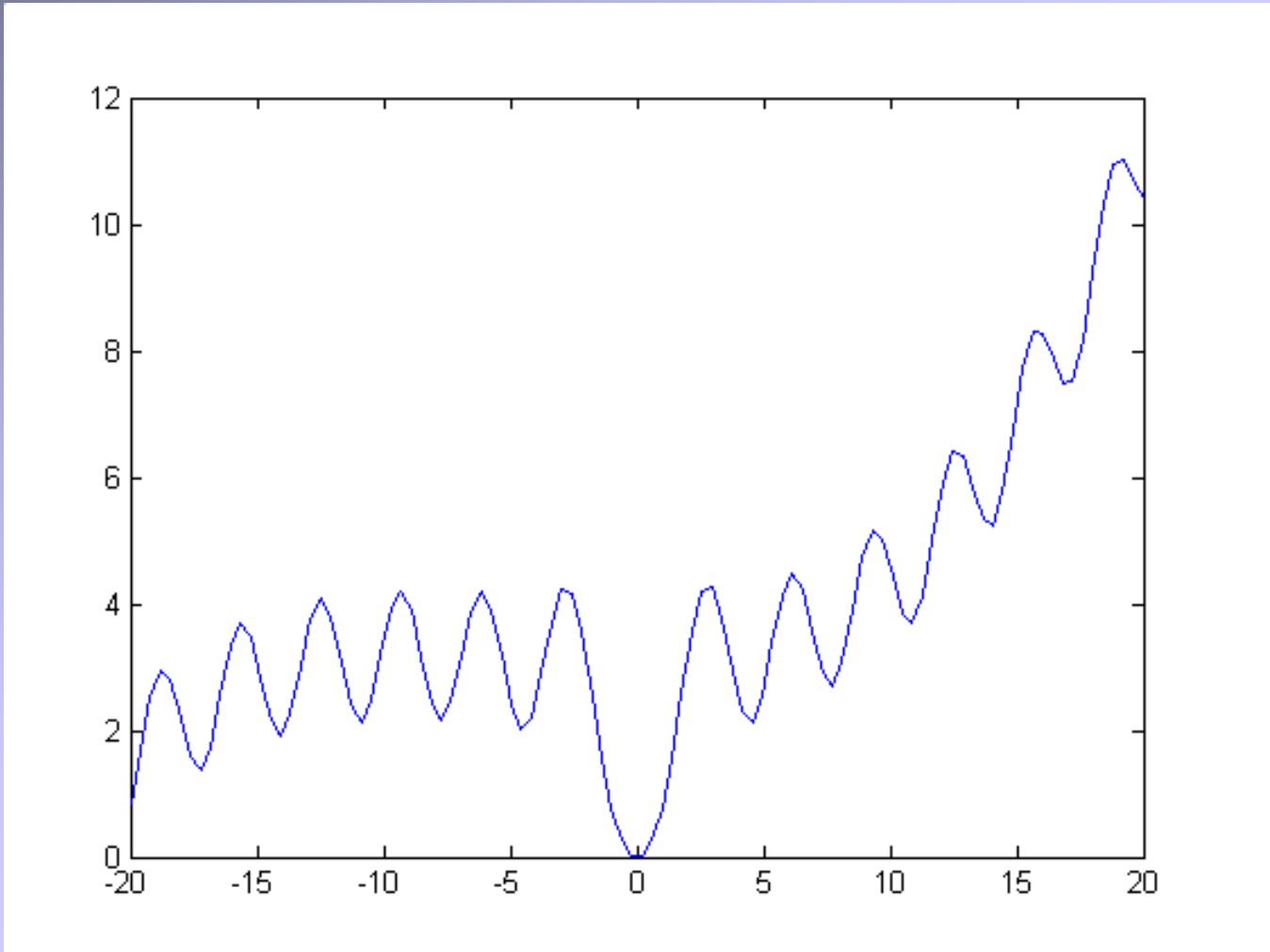
$$J(x)=\sum_{i=1}^{N}(x_i^2-\cos(18x_i)) \quad x\in[-5,5]^N$$





Le minimum est 0 atteint au point 0.

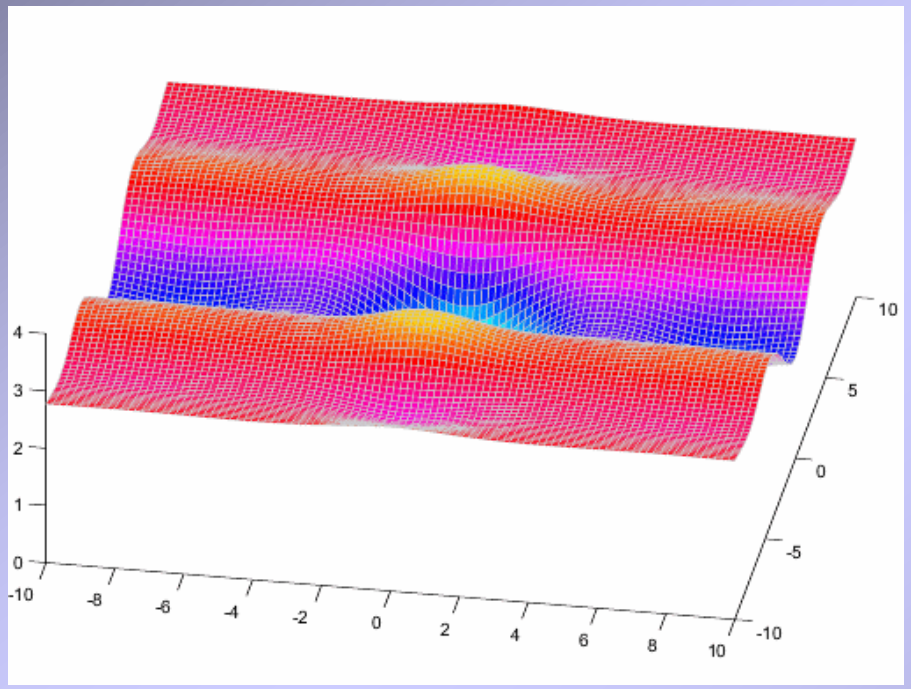
Fonction 1: Enveloppe non convexe

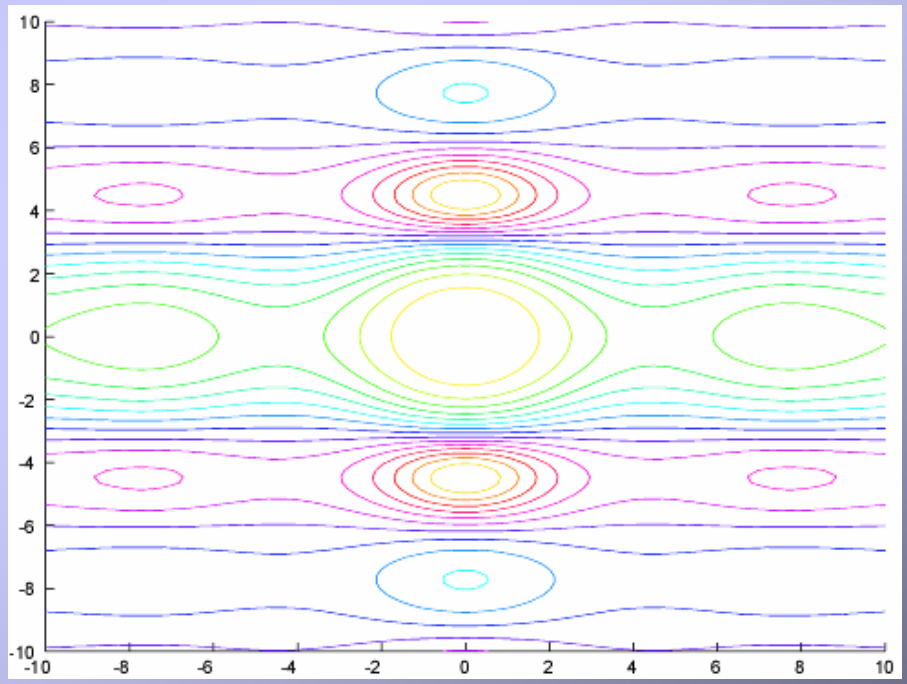


Le minimum est 0 atteint au point 0.

Fonction 2: Exposinus

$$J(x) = e - \left(e^{\frac{\sin(x_1)}{x_1}} \cdot \frac{\sin(x_2)}{x_2}\right)$$

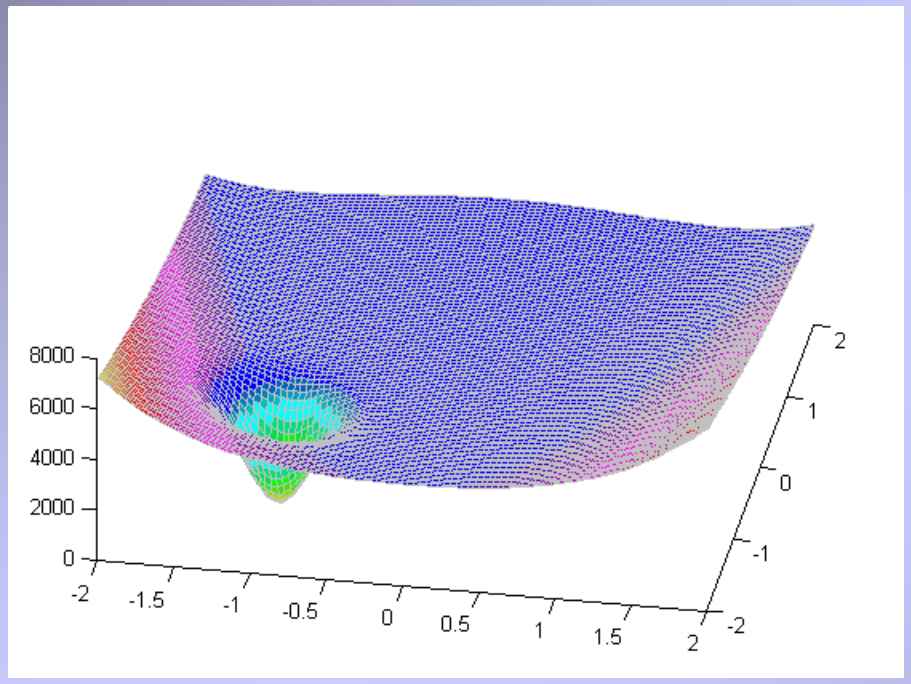


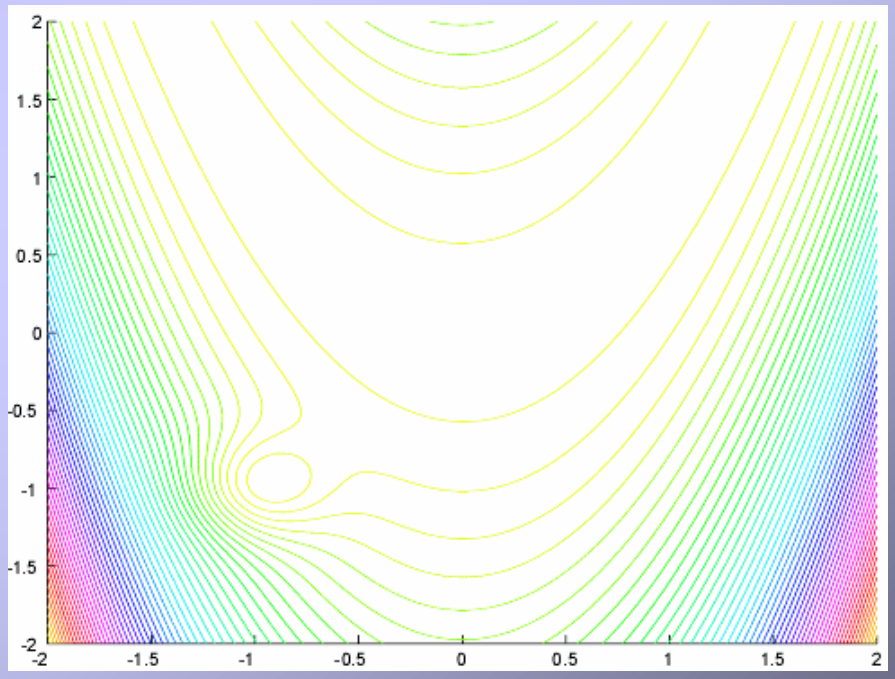


Le minimum est 0 atteint au point 0.

Fonction 3: Rosenbrock modifiée

$$J(x)=100(x_2-x_1^2)^2+(1-x_1)^2-4000\exp^{-10((x_1+1)^2+(x_2+1)^2)}-3600$$





Le minimum est 0 atteint au point (-1,-1).

Tableau des résultats :

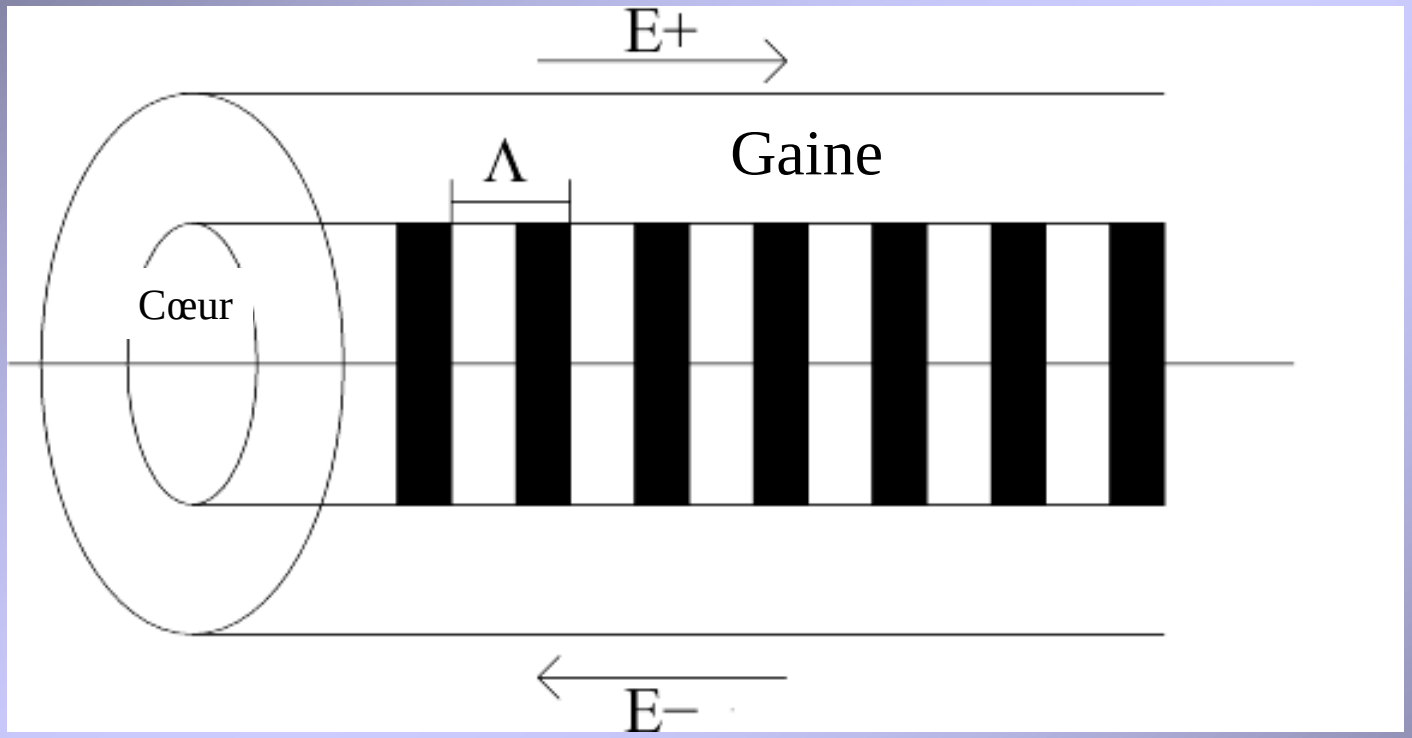
	Itérations GA	Itérations SDA
Enveloppe non convexe	1500	105
Exposinus	2300	1100
Rosenbrock modifiée	2300	------
Rastringin	------	300

Tableau récapitulatif :

	SDA	GA
Avantages	-Rapidité -Précision -Recherche de minimas de fonctionnelles à enveloppe convexe -Plusieurs variantes de la méthode	-Pas d'évaluation de gradient -Recherche de minimas isolés

Chapitre III: Optimisation de SFBG: application au CDMA spectral

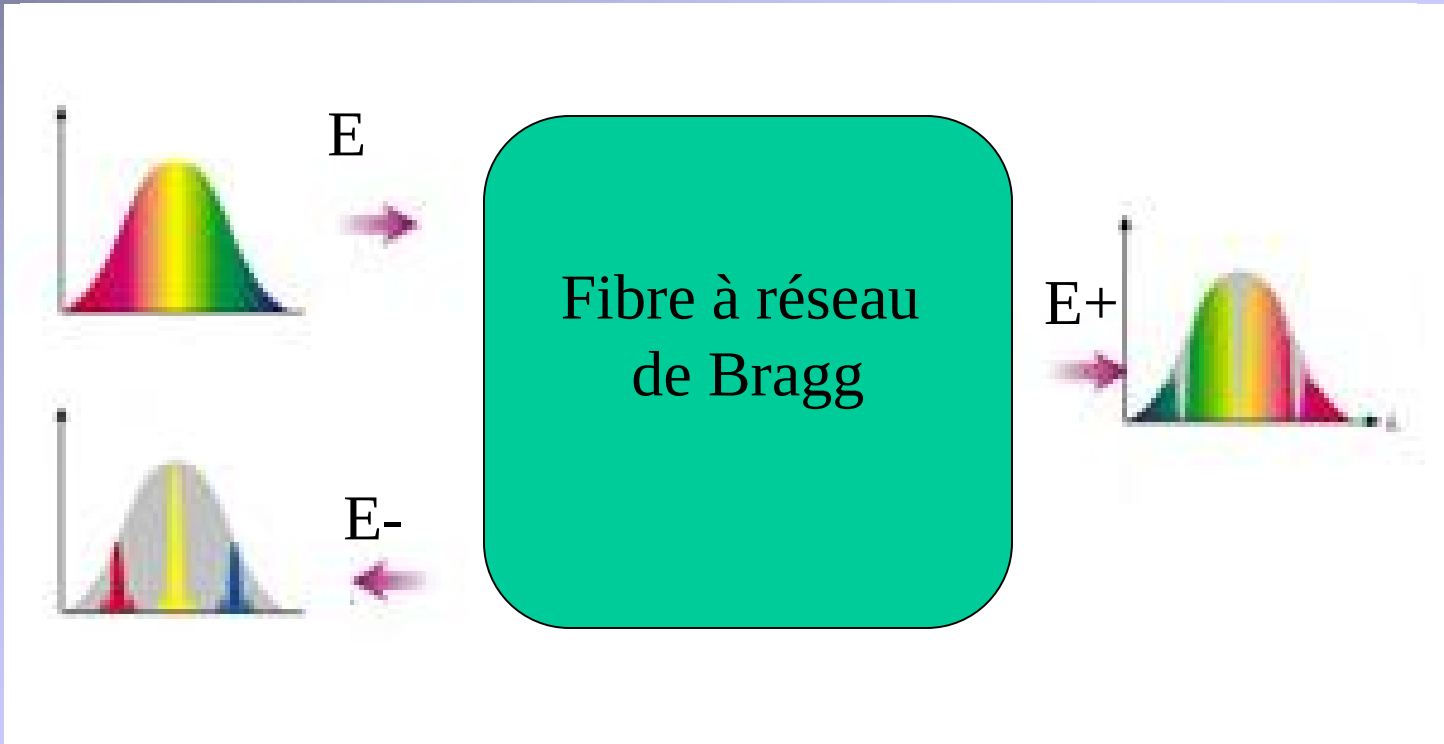
Fibre à réseau de Bragg (FBG):



Les bandes noires correspondent à la zone au cœur de la fibre dont l'indice de réfraction est modifié suivant un motif.

Le motif est répété plusieurs fois avec une période de Λ .

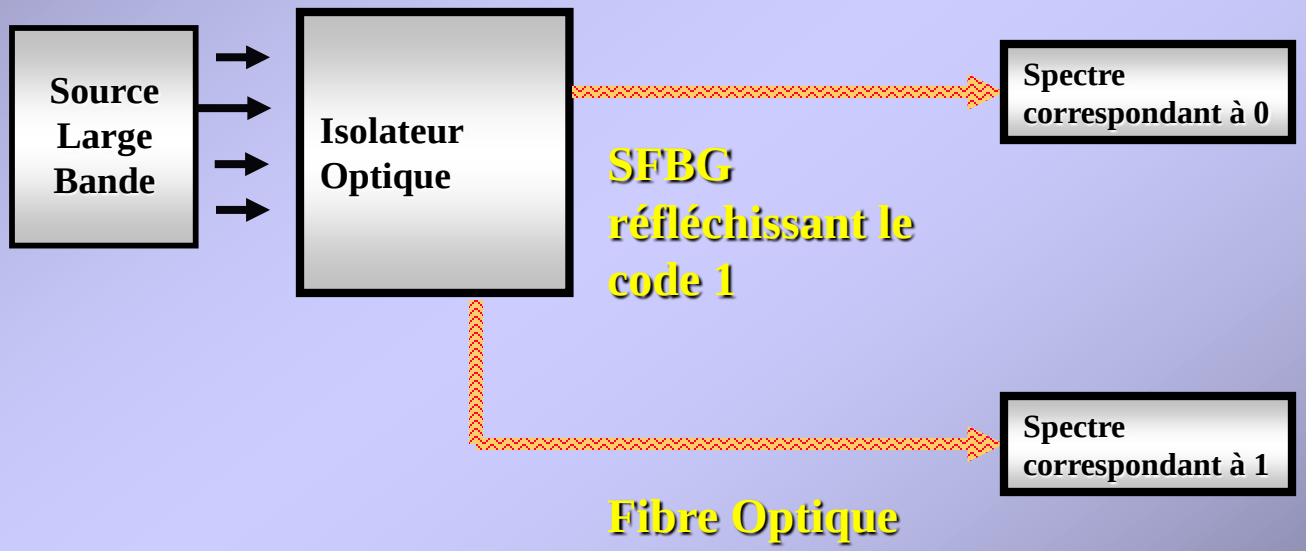
Fibre à réseau de Bragg (FBG):



Le rôle de la fibre : à partir d'un spectre entrant E, la fibre réfléchie certaines longueurs d'onde E- et laisse passer les autres longueurs d'onde E+.

Le système CDMA spectral

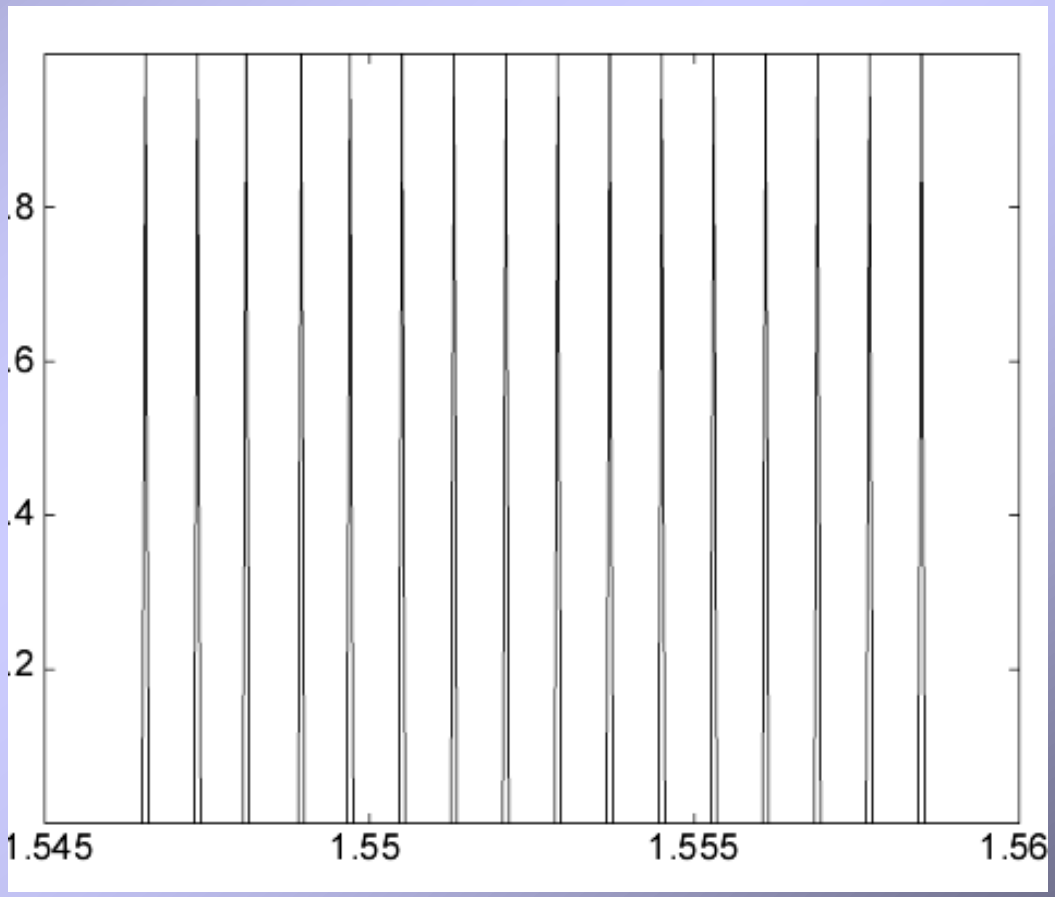
Guide optique



Fibre à réseau de Bragg échantillonnées :

L'échantillonnage de fibre FBG consiste à créer une fibre composée N sous-fibres FBG.

Le spectre généré par une telle fibre est dit en '*peigne*': Ce sont des pics espacés de $\Delta\lambda = \frac{2n_{eff}\Lambda^2}{N}$. Par exemple:



Problème inverse:

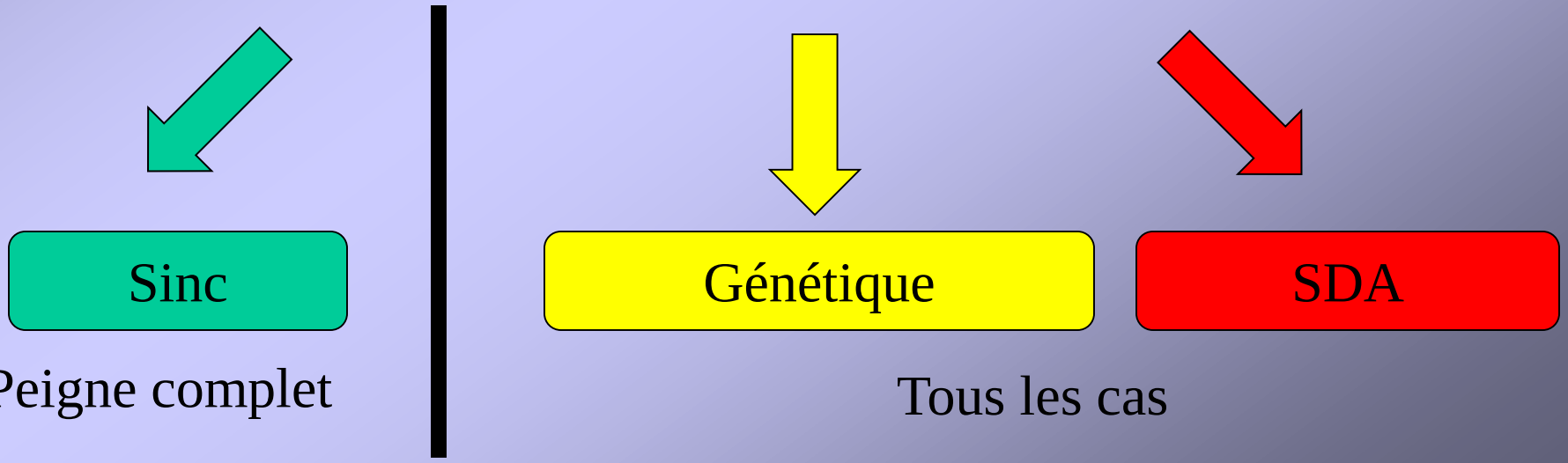
On veut trouver l'apodisation d'une fibre dont ont connaît la réponse spectrale.

Plus précisément, le problème posé par *Alcatel*:

1- On se donne une fibre de structure FBG échantillonnée composée de 100 sections de 1mm et d'indice de réfraction initial = 1.45.

2- On veut générer un spectre en à *'trous'* ayant au maximum 16 pics espacés de 100 Ghz (0.8 um) et centrés autour de la longueur d'onde 1550 nm.

Ce problème peut être résolu par trois approches:



Problème numèrique:

Minimiser la fonctionnelle, $J:\Omega_{apo}\rightarrow R$:

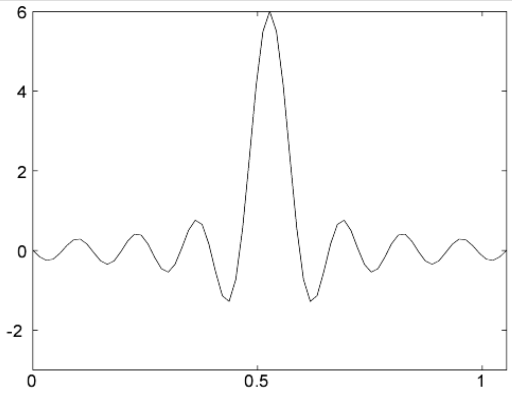
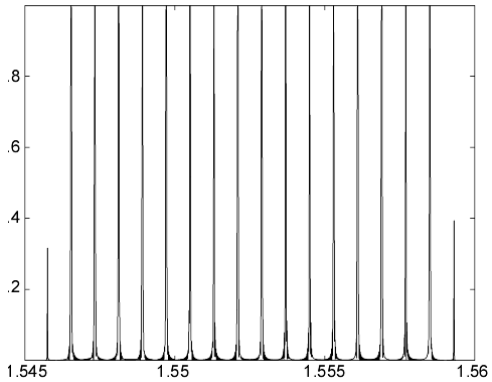
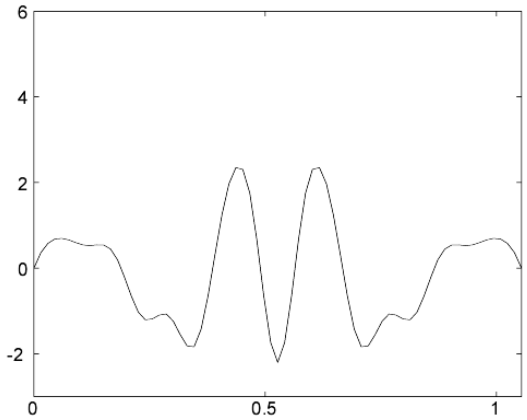
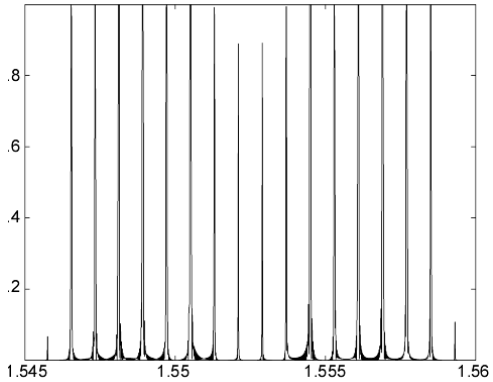
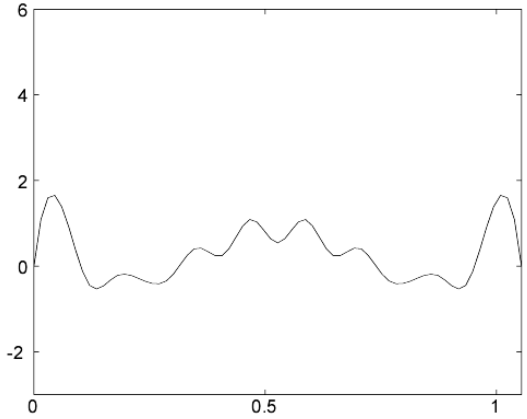
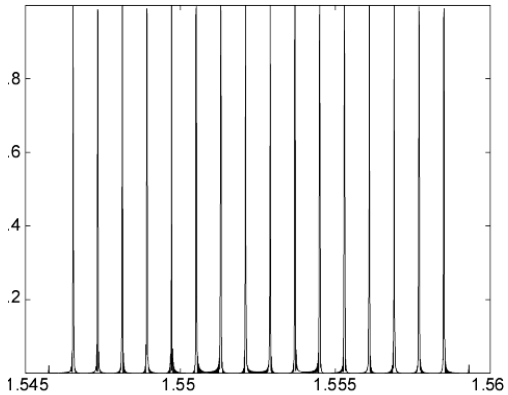
$$J(x)=\left\| r(x)-r_{target} \right\|_{L^2([\lambda_{\min},\lambda_{\max}])}$$

Où : -r(x) est la puissance de réflexion de la fibre associé à l'apodisation $x\in\Omega_{apo}$.

- r_{target} est la puissance de réflexion souhaitée.

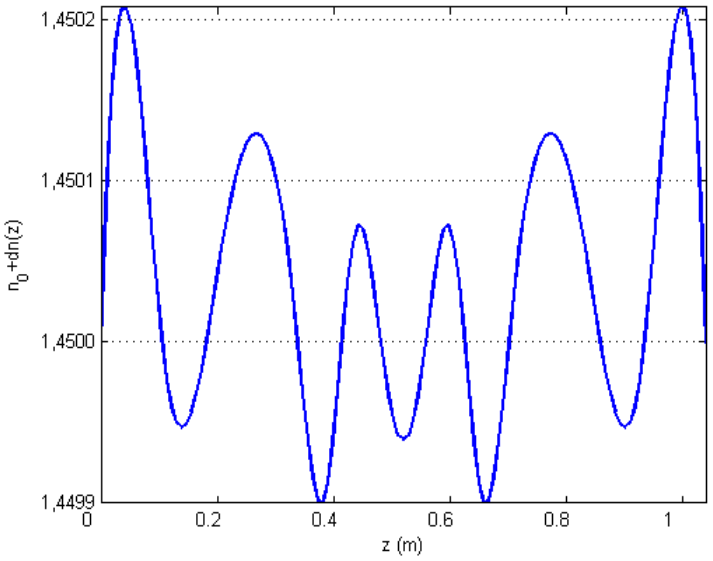
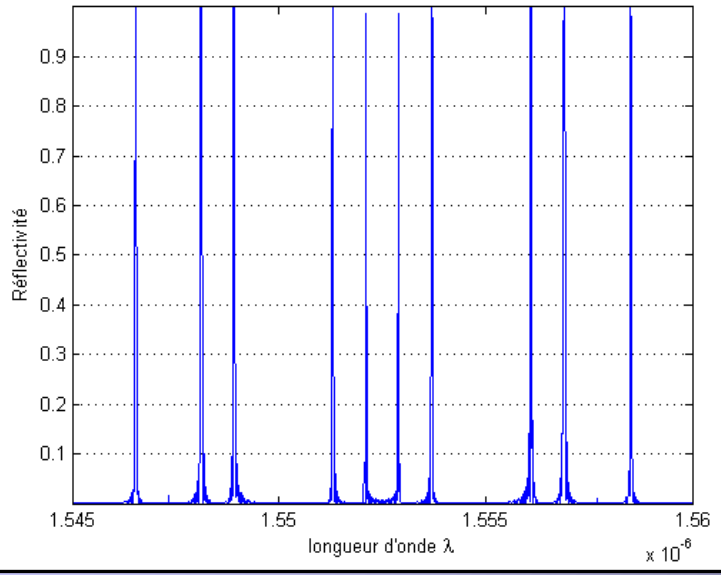
Les puissances sont calculées à partir de méthode de matrice de transfert simplifiées.

Problème initial: générer un spectre en peigne complet

16 pics	Apodisation	Spectre
Sinc		
GA		
SDA		

Nouveau Problème: générer un spectre à *‘trous’*

Exemple de spectre à ‘trous’ généré par SFBG:

	Apodisation	Spectre
SDA		

Actuellement les spectres sont symétriques. D’où le besoin de doubler le nombre de pics nécessaires.

Conclusion

Conclusion et perspectives sur ce problème:

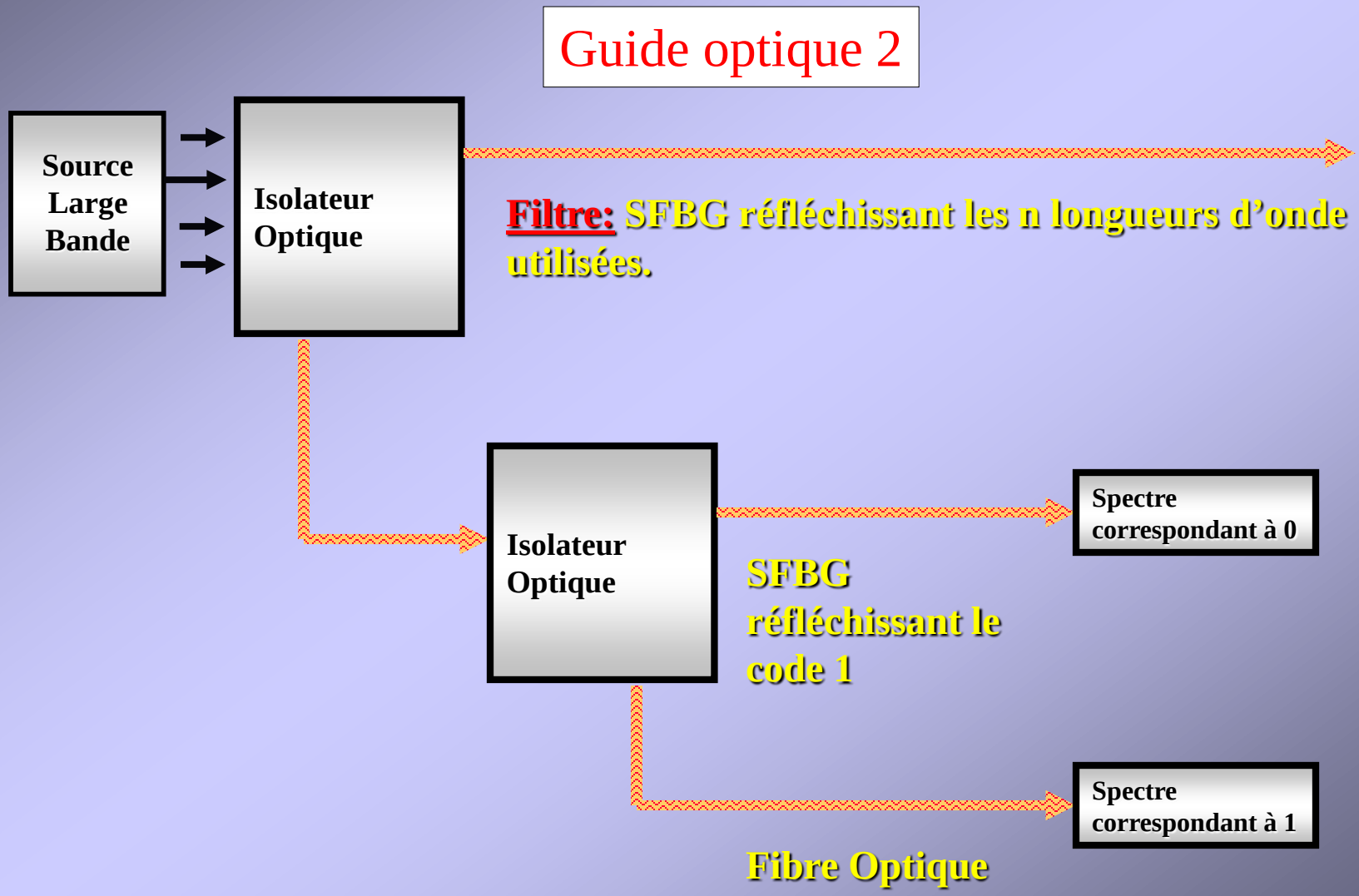
1- Méthode efficace pour générer spectres à‘*trous*’ en peigne symétriques.

2- Système CDMA peu coûteux à réaliser.

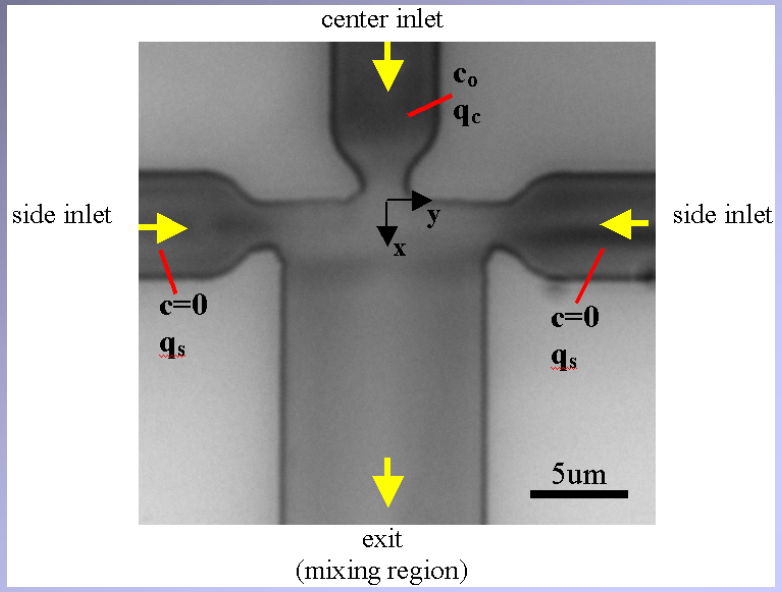
3- Générer des spectres non symétriques.

4- Prototypage en cours de réalisation.

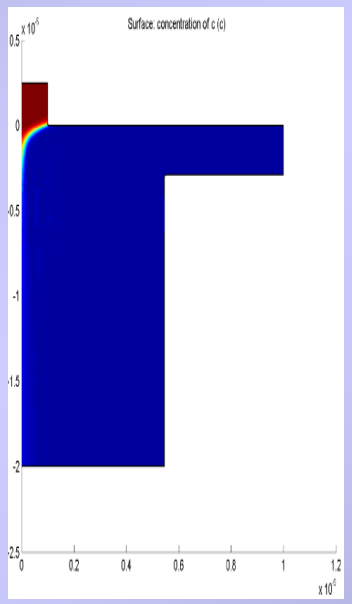
Le système CDMA spectral



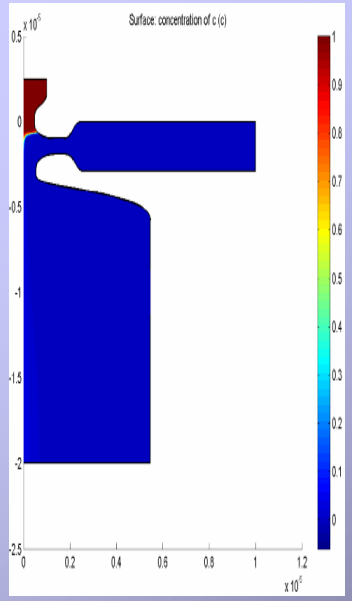
Optimisation de forme d'un mélangeur microfluidique



Géométrie complète

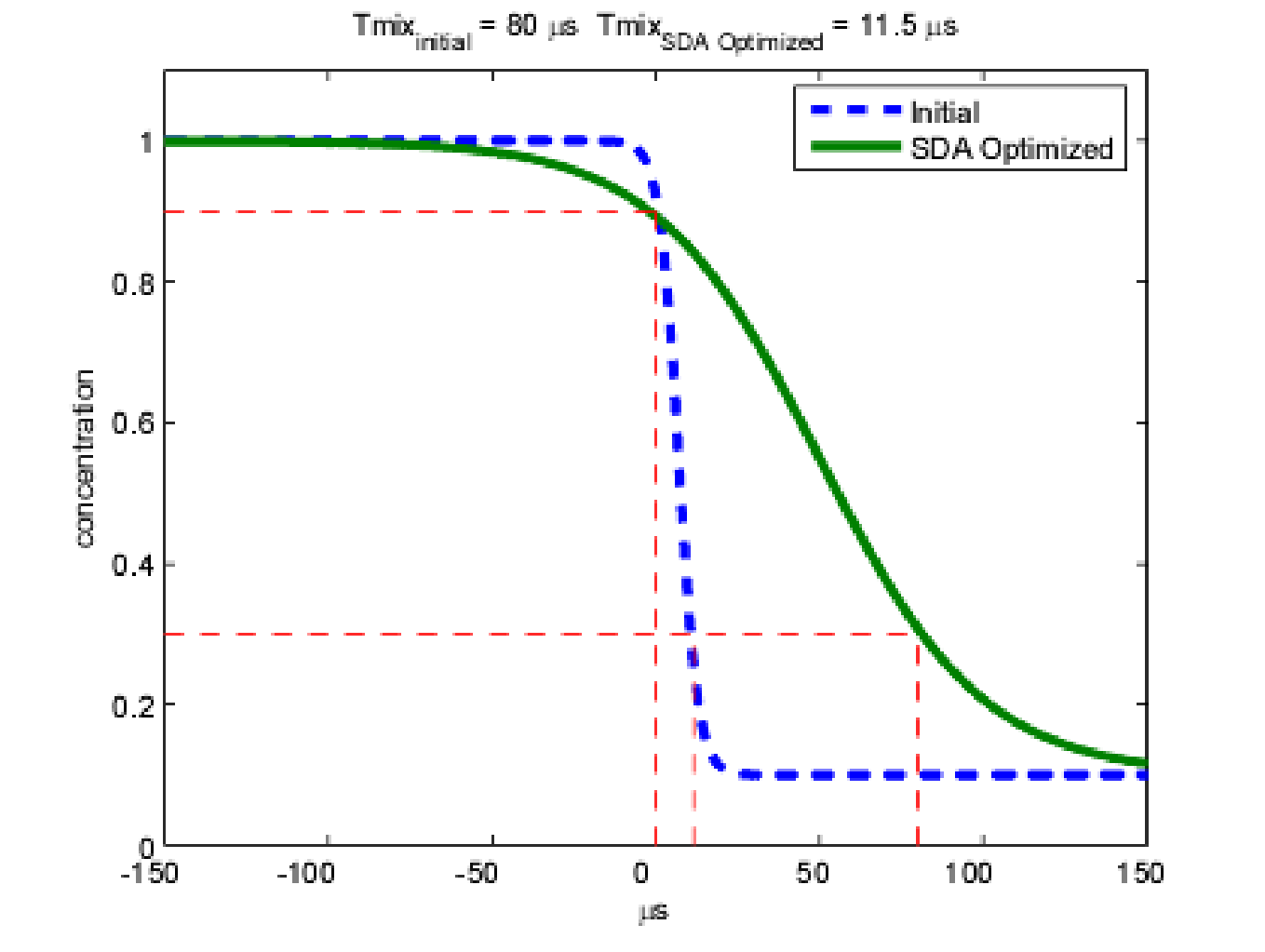


Profil Initial



Profil Optimisé

Optimisation de forme d'un mélangeur microfluidique



Evolution de la concentration pour le profil initial et optimisé