

Résumé

Les réseaux de Bragg à fibre présentent beaucoup d'intérêt dans le domaine des télécommunications et des senseurs optiques.

Ici, un algorithme est présenté afin de trouver par optimisation numérique un profil de réseau. Ce dernier doit respecter certaines contraintes fixées dans le domaine physique et dans le domaine spectral. Un réseau a été inscrit selon ce profil et son spectre est comparé avec le spectre théorique.

Analyse de réseaux

Pour obtenir le spectre d'un réseau, on propage l'onde incidente u et de l'onde réfléchie v à travers chaque section de longueur Δ du réseau. Pour ce faire, on utilise des matrices de transferts.

Chaque section du réseau est modélisée par deux matrices, la première d'interaction et la seconde de propagation.

$$T_\rho = (1 - |\rho|^2)^{-1/2} \begin{bmatrix} 1 & -\rho^* \\ -\rho & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$T_\Delta = \begin{bmatrix} \exp(i\delta\Delta) & 0 \\ 0 & \exp(-i\delta\Delta) \end{bmatrix} \quad (2)$$

où ρ est fonction du changement d'indice induit dans la fibre.

Pour un réseau non-uniforme, on pose une cascade de N réseaux tel que

$$\begin{bmatrix} u(L, \delta) \\ v(L, \delta) \end{bmatrix} = T_{\Delta_N} T_{\rho_N} \cdots T_{\Delta_2} T_{\rho_2} T_{\Delta_1} T_{\rho_1} \begin{bmatrix} u(0, \delta) \\ v(0, \delta) \end{bmatrix}. \quad (3)$$

On peut obtenir des résultats semblables grâce à l'algorithme inverse de pelage de couches. Ce dernier est plus rapide de deux ordres de grandeur que l'algorithme présenté ci-haut.

Synthèse de réseaux

On utilise l'algorithme de pelage de couches. Celui-ci est basé sur le fait que l'amplitude réfléchie par le réseau sera liée au coefficient de couplage. En évaluant la réponse impulsionnelle produite par la première section du réseau, on évalue le coefficient de couplage de cette couche par

$$\rho_1 = \frac{\Delta}{\pi} \int_{-\pi/2\Delta}^{\pi/2\Delta} r_1(\delta) d\delta. \quad (4)$$

Le coefficient de couplage est ainsi évalué pour la première couche. Grâce aux conditions initiales au début du réseau où $z = 0$ on obtient

$$\begin{bmatrix} u(z, \delta) \\ v(z, \delta) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ r_1(\delta) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

on peut alors montrer que la réflectivité de la seconde couche sera donnée par

$$r_2(\delta) = \exp(-i2\delta\Delta) \frac{r_1(\delta) - \rho_1}{1 - \rho_1^* r_1(\delta)}. \quad (6)$$

On se retrouve donc dans la situation initiale. On recommence ces étapes jusqu'à ce que tout le réseau soit synthétisé.

Algorithme itératif

Même si l'algorithme de pelage de couches n'est pas linéaire, un algorithme itératif l'utilisant devrait converger lorsque le réseau est faible.

Nous proposons l'algorithme ci-dessous afin de synthétiser des réseaux en fonction de différentes contraintes. Pour que le réseau soit physiquement réalisable, sa réponse impulsionnelle $f(t)$ doit être nulle pour $t < 0$. Nous introduisons une optimisation afin d'obtenir le meilleur spectre respectant la causalité.

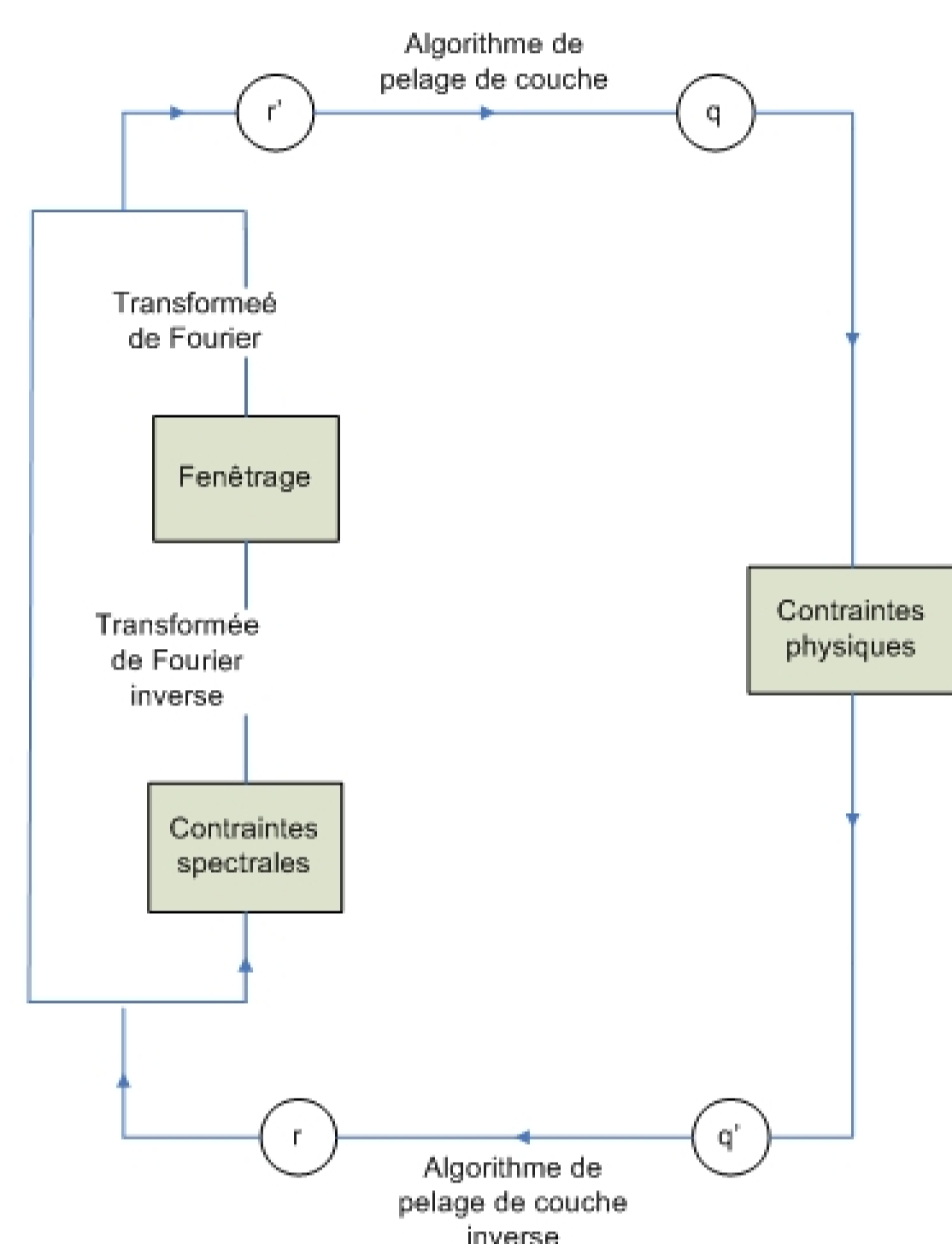


Fig 1 : Diagramme de bloc de l'algorithme proposé

Convergence

Les paramètres importants mesurés à chaque itération permettent d'observer la convergence.

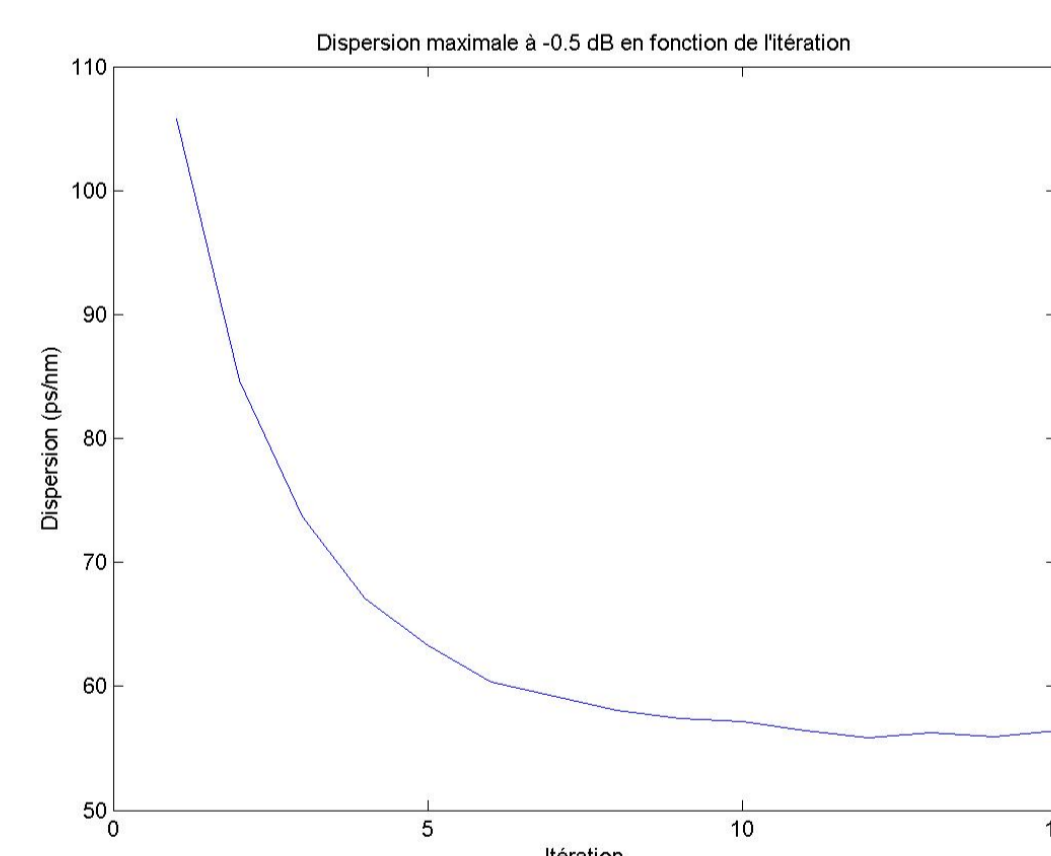


Fig. 2a : Dispersion

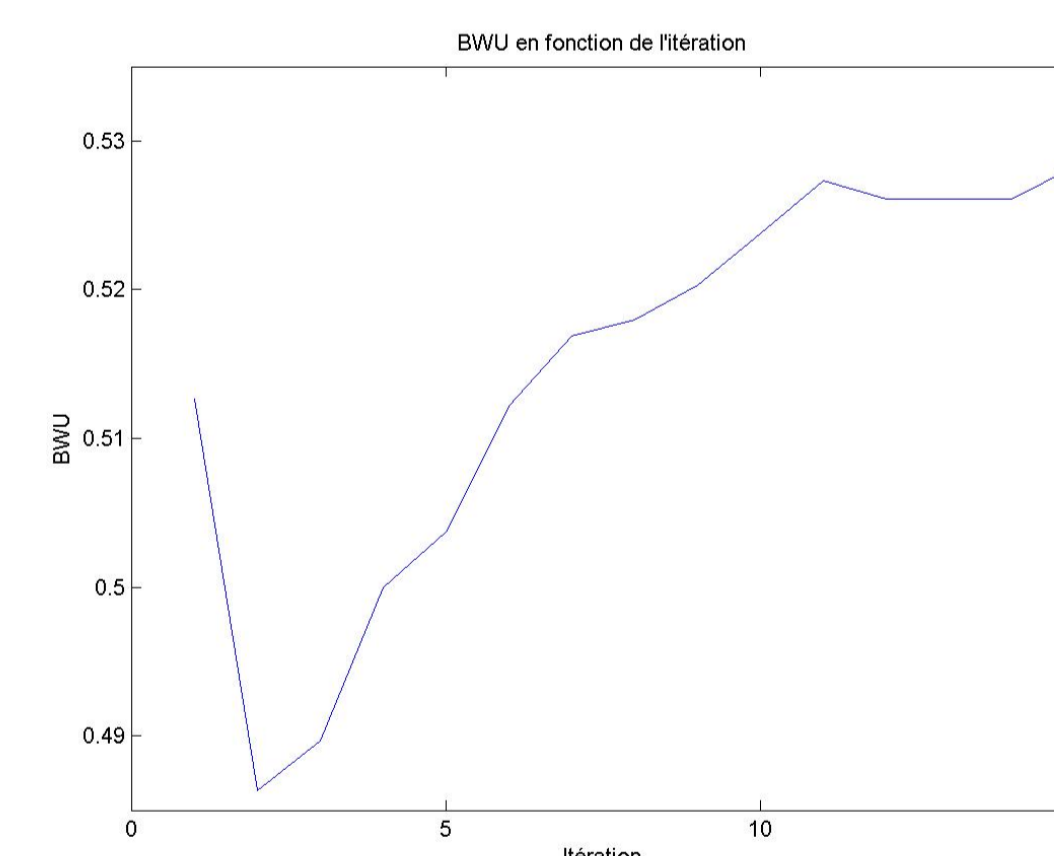


Fig. 2b : Rapport d'utilisation de la bande passante

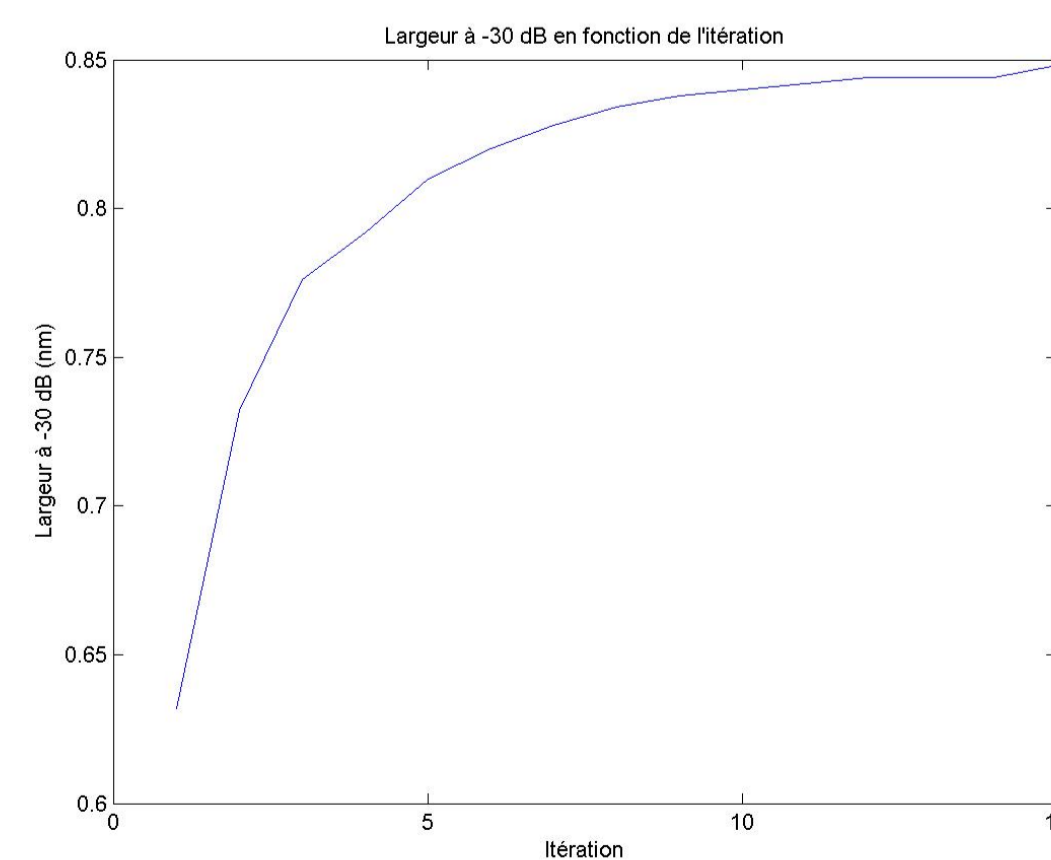


Fig. 2c : Largeur de bande à -30 dB

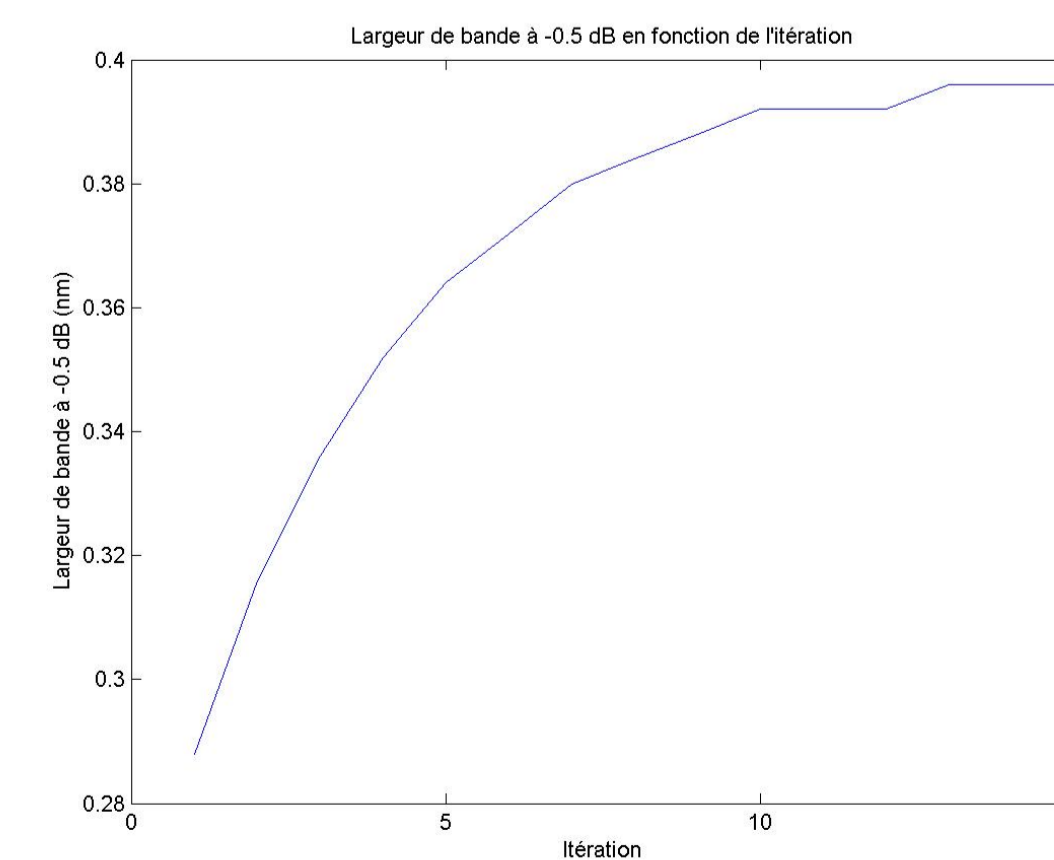


Fig. 2d : Largeur de bande à -0.5 dB

Résultats

Afin de valider l'algorithme proposé, on a voulu concevoir un réseau sans aucun saut de phase avec les propriétés suivantes :

Paramètre	Spécification théorique	Résultat théorique	Résultat expérimental
Largeur à -30 dB	≤ 0.8 nm	0.848 nm	0.89 nm @ -25 dB
Largeur à -0.5 dB	≥ 0.4 nm	0.396 nm	0.36 nm
BWU	maximale	0.5283	—
Dispersion maximale	≤ 40 ps/nm	56.4 ps/nm	+56 & -36 ps/nm

Le réseau a été inscrit dans de la fibre SMF-28 hydrogénée grâce à un laser excimer à 248 nm.

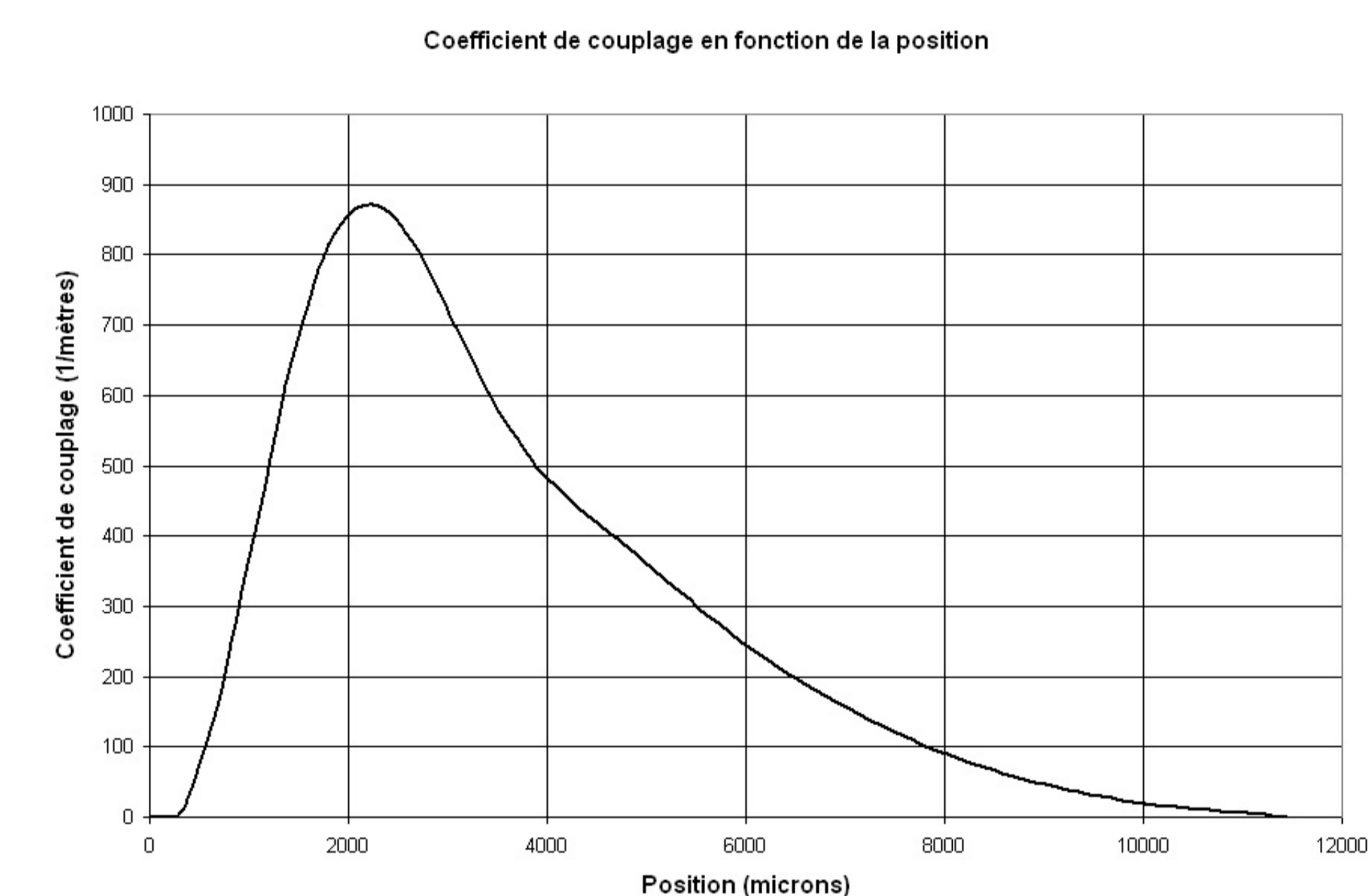


Fig. 3 : Profil d'apodisation du réseau obtenu

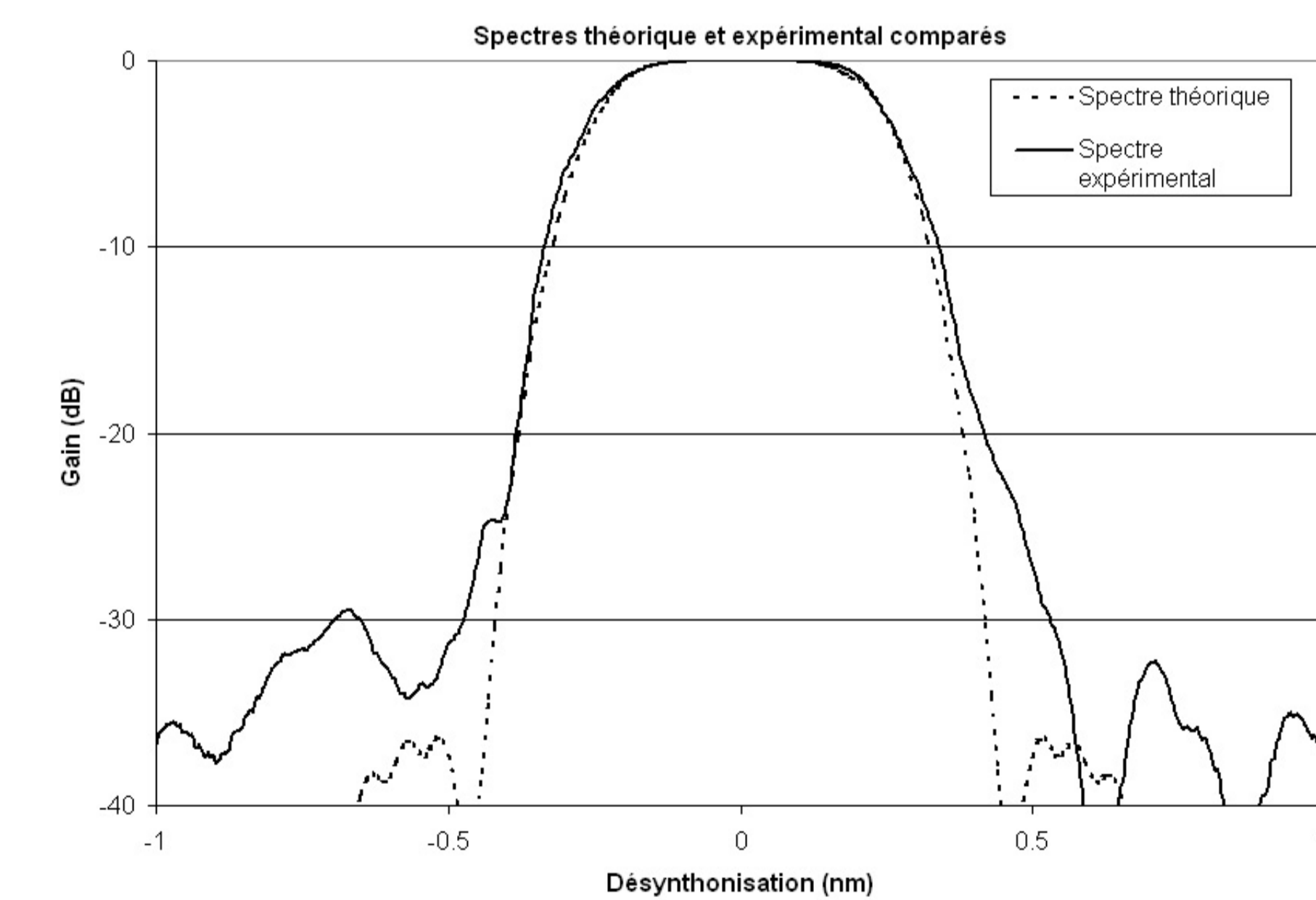


Fig. 4 : Spectres théorique et expérimental comparés

Conclusion

- L'algorithme proposé a fourni un profil d'apodisation dont les propriétés sont proches des contraintes fixées afin d'en faciliter la fabrication.
- Ce réseau a été inscrit dans une fibre optique, ce qui démontre sa grande faisabilité.
- Le spectre du réseau physique correspond assez bien au spectre théorique.
- Il reste à voir si l'algorithme est assez polyvalent pour concevoir des réseaux multicanaux.