



HAL
open science

Problème de caractérisation des matériaux à BIP de taille fini

Halim Boutayeb, Kouroch Mahdjoubi, Anne-Claude Tarot, Sylvain Collardey

► **To cite this version:**

Halim Boutayeb, Kouroch Mahdjoubi, Anne-Claude Tarot, Sylvain Collardey. Problème de caractérisation des matériaux à BIP de taille fini. 2002, 4 p. hal-00133823

HAL Id: hal-00133823

<https://hal.science/hal-00133823>

Submitted on 27 Feb 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROBLEME DE CARACTERISATION DES MATERIAUX A BANDE INTERDITE PHOTONIQUE DE TAILLE FINIE

H. Boutayeb⁽¹⁾, K. Mahdjoubi, A.C. Tarot, S. Collardey

Laboratoire IETR (Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes), Groupe Antennes et Hyperfréquences, Université de Rennes 1, 35042 Rennes. ⁽¹⁾Email : Halim.Boutayeb@univ-rennes1.fr

INTRODUCTION

Nous allons étudier par la méthode FDTD, le matériau à Bande Interdite Photonique (BIP) 2-D à maille carrée, composé de tiges métalliques (*fig.1*). On appellera *BIP infini* la structure constituée d'un nombre infini de tiges suivant l'axe x et *BIP fini* celle avec un nombre fini de tiges suivant cet axe. Les paramètres du BIP sont la période transversale P_t , la période longitudinale P_l et le diamètre des tiges a .

Le BIP infini n'étant pas réalisable, il est important de connaître les différences de caractérisations et de résultats liés au caractère fini. On constate par exemple que l'on peut obtenir dans ce un coefficient de transmission supérieur à 0dB [1].

Pour étudier le BIP, plusieurs méthodes numériques peuvent être utilisées : 1) On peut observer la composante de champ E_z transmise en un point d'observation P placé après le BIP (*fig.1*). 2) On peut calculer la puissance transmise sur une surface placée après le BIP et parallèle aux couches. 3) On peut calculer E_z pour le mode fondamental en faisant une décomposition modale. 4) Thevenot [2] et Collardey [3] ont associé à la FDTD la Transformée de Fourier pour extraire les modes de propagation (espace réciproque). 5) Dans [4] le coefficient de réflexion est extrait à partir de la S.E.R.. La normalisation se faisant à l'aide d'une plaque métallique.

Nous utiliserons ici la caractérisation à l'aide d'un point d'observation P (*fig. 1*) placé à une distance d du BIP. Dans le premier paragraphe, on traite le BIP infini qui nous servira de référence pour le second paragraphe où on étudie le BIP fini.

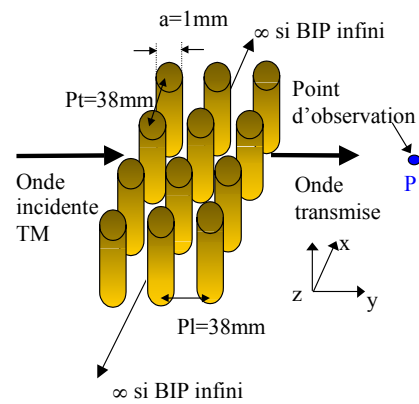


Fig. 1 : géométrie de BIP

1. CARACTERISATION DU BIP INFINI

On considère dans un premier temps une seule couche du BIP de la figure 1. Dans cette étude le coefficient de transmission est normalisé classiquement, c'est à dire par rapport au vide.

La figure 2a donne le module du champ transmis en fonction de la fréquence lorsque le point d'observation est en face d'une tige. On voit que la courbe de transmission change de niveau avec la distance d .

Quand le point d'observation est trop proche des tiges, le coefficient de transmission est sous estimé : ceci est dû à l'effet d'ombre provoqué par le champ électrique nul sur les tiges.

A partir d'une certaine distance la courbe se stabilise et ne bouge plus si on continue à éloigner le point d'observation.

La figure 2b présente le cas où le point d'observation est au milieu de deux tiges. Lorsque d est faible le coefficient de transmission est cette fois-ci sur estimé. Cette sur estimation est dû au fait, qu'au champ incident, s'ajoute le champ diffracté par les tiges.

A partir d'une certaine distance la courbe se stabilise également.

En fait, on montre que lorsque l'onde arrive sur le BIP elle n'est plus plane aux alentours des tiges. En s'éloignant du BIP, l'onde transmise redevient plane.

Nous allons déterminer la distance nécessaire pour être dans la condition d'un front d'onde plan.

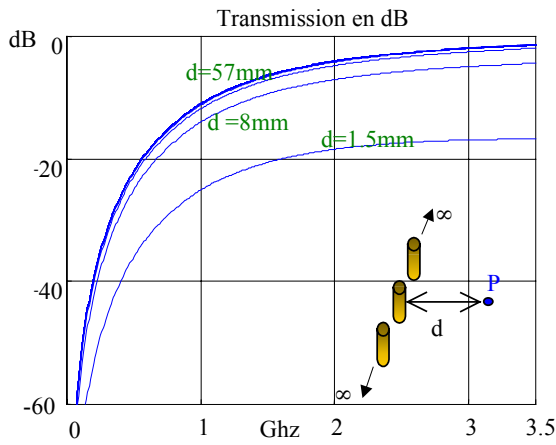


Fig. 2a : courbe de transmission d'une couche infini pour différentes positions du point d'observation. Point d'observation en face d'une tige

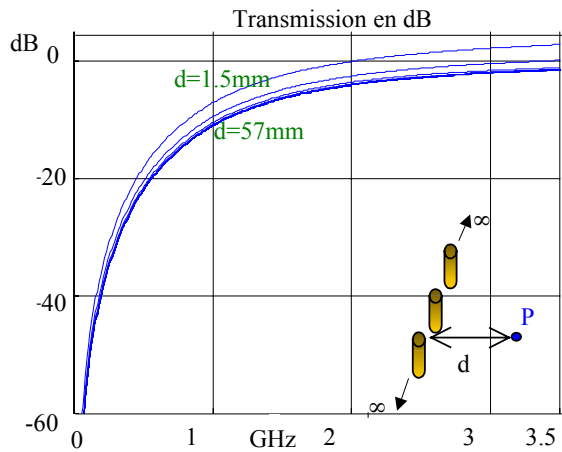


Fig. 2b : courbe de transmission d'une couche infini pour différentes positions du point d'observation. Point d'observation au milieu de deux tiges

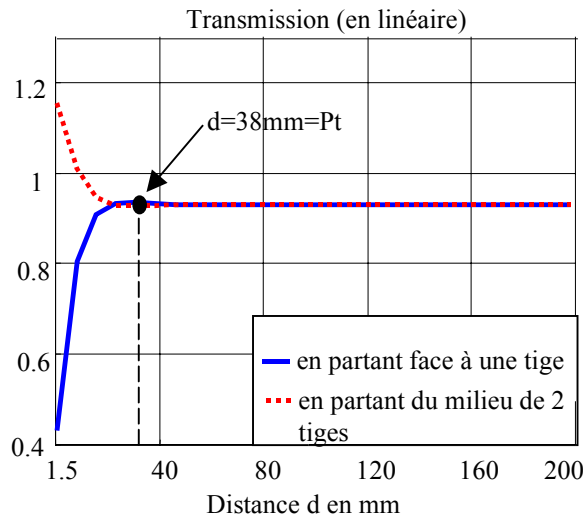


Fig. 3 : transmission en fonction de la distance par rapport au BIP pour une fréquence fixe=3,5GHz

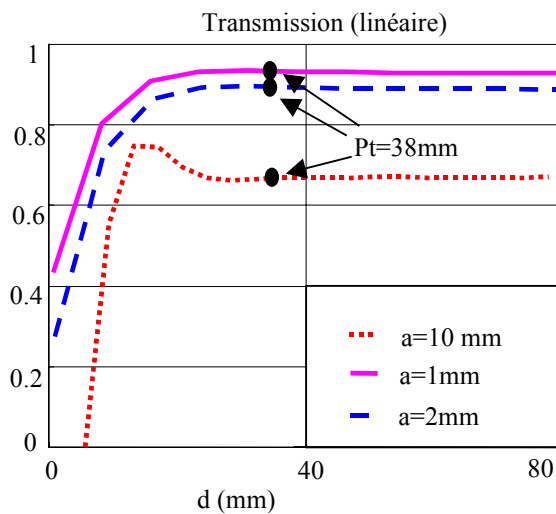


Fig. 4a: transmission en fonction de la distance d pour différents diamètres des tiges a. (Pt=38mm)

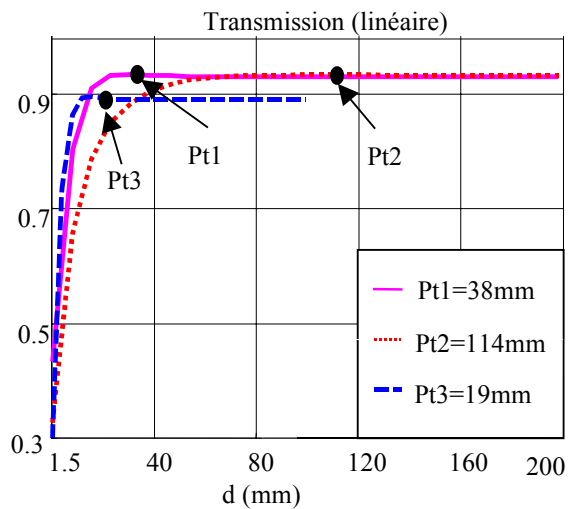


Fig. 4b : transmission en fonction de la distance d pour différentes périodes Pt. (a=1mm)

Cette distance ne varie pas avec le diamètre a des tiges (fig. 4a) mais varie avec la période transversale P_t (fig. 4b). On remarque que pour une distance d égale à P_t , le coefficient de transmission se stabilise et ne bouge plus si on continue à s'éloigner des tiges (figures 3 et 4). En se donnant une marge de 50%, on se tient à une distance $d=d_{min}$ de 1,5 fois P_t , pour obtenir une bonne courbe de transmission. d_{min} reste constant en augmentant le nombre de couche et en faisant varier la période longitudinale P_l .

2. CARACTERISATION DU BIP FINI

Comme précédemment, on considère d'abord une seule couche, mais cette fois le nombre de fils est limité. On envoie une onde plane sur tout le long de la structure à l'aide de l'injecteur d'onde plane [5]. On regarde la transmission en plaçant le point au milieu du réseau en face d'une tige. On remarque alors que la courbe du coefficient de transmission (fig. 5) est celle obtenue pour le cas infini avec en plus des oscillations dont l'amplitude diminue lorsque on augmente la taille du BIP et qui augmente lorsque on s'éloigne du BIP. La fréquence des oscillations augmente avec le nombre de tiges.

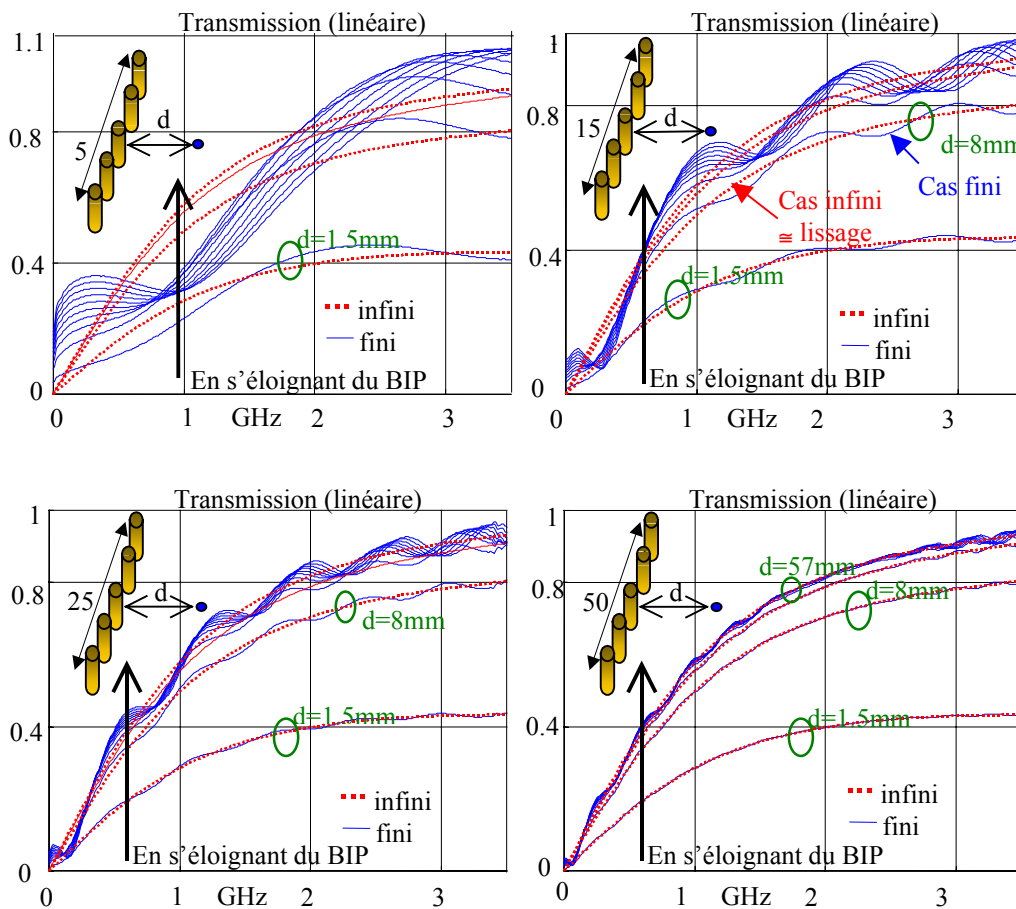


Fig. 5 : coefficient de transmission d'une couche fini pour différents nombres de tiges. Lorsqu'on augmente le nombre de tiges, les courbes tendent vers le résultat du cas infini représenté en pointillé pour 4 points d'observation (le premier point d'observation étant à 0.5mm d'une tige et le dernier à une période et demi)

Pour un nombre suffisant de tiges on obtient quasiment les courbes du cas infini (voir cas de 50 tiges). Pour 15 et 25 tiges nous avons pu obtenir les courbes du cas infini en appliquant un lissage. Pour 5 tiges les courbes sont trop différentes du cas infini pour utiliser le lissage.

Prenons le cas de la couche contenant 25 tiges. Si on augmente le nombre de couches on remarque que les oscillations ont tendance à diminuer (fig. 6). La figure 7 donne les courbes de transmission pour un BIP de trois couches pour les cas fini et infini, en prenant $d=1,5P_t$. On constate que l'effet de la finitude du BIP devient relativement négligeable pour ces dimensions (25*3).

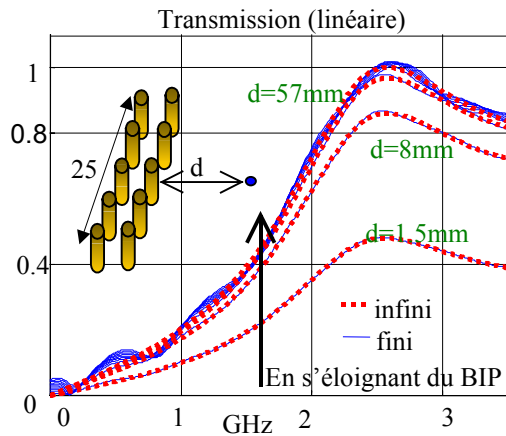


Fig. 6.a

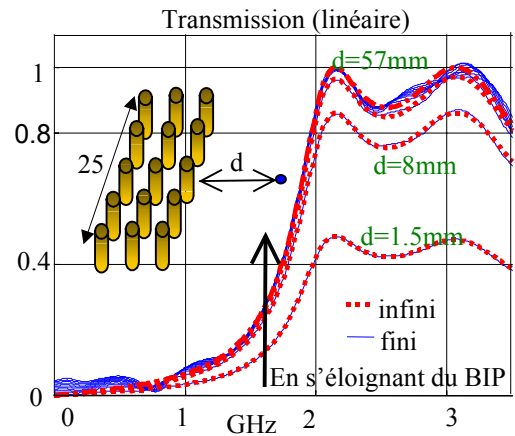


Fig. 6.b

Fig. 6 : coefficient de transmission du BIP obtenue en faisant varier d pour un BIP fini et infini pour 2 couches (6a) et 3 couches (6b).

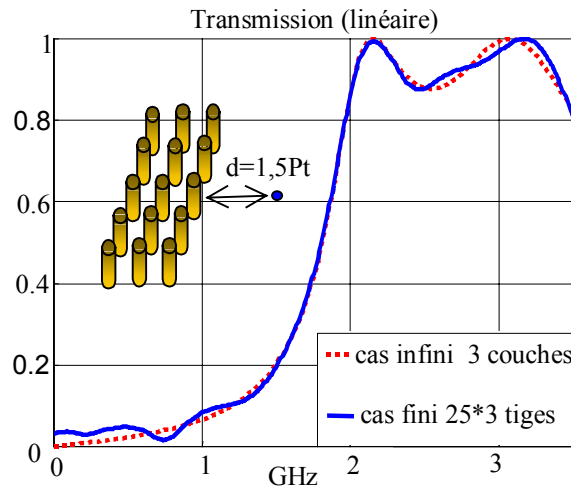


Fig. 7 : comparaison du coefficient de transmission pour un BIP fini et un BIP infini.

CONCLUSION

Pour éviter l'effet d'ombrage des tiges métalliques nous avons trouvé qu'il faut respecter une distance minimale de 1,5 fois la période transversale. Nous avons montré que la finitude transversale du BIP introduit dans le coefficient de transmission des oscillations dont l'amplitude diminue quand on augmente ses dimensions. Pour une taille raisonnable du BIP, en appliquant un lissage sur la courbe de transmission correspondante, on peut obtenir la courbe de transmission du BIP infini.

REFERENCES

- [1] G. Tayeb et D. Maystre, *Rigorous theoretical study of finite-size two-dimensional photonic crystals doped by microcavities*, Optical Society of America, December 1997.
- [2] M. Thévenot, A. Reinex et B. Jecko, *FDTD to analyze complex PBG structures in the reciprocal space*, Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 21 (1999).
- [3] S. Collardey, K. Mahdjoubi, A.C. Tarot et P. Pouligen., *Extraction of PBG material reflection coefficients from their RCS data*, ICEAA, Turin, September 2001.
- [4] S. Collardey, G. Poilasne, A.C. Tarot, P. Pouligen, C. Terret et K. Mahdjoubi, *Metallic photonic bandgap propagation mode characterization*, Microwave and Optical Technology Letters, Vol.28, No. 6, March 2001.
- [5] C. Guiffaut, K. Mahdjoubi, *A perfect wideband plane wave injector for FDTD method*, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2000, IEEE, Vol.: 1, 2000 Page(s): 236-239.