



**HAL**  
open science

# INFLUENCE DE GRILLES METALLIQUES SUR LES LIGNES COUPLEES EN TECHNOLOGIE PCB

Thierry Le Gougec, Pierre-Marie Martin

► **To cite this version:**

Thierry Le Gougec, Pierre-Marie Martin. INFLUENCE DE GRILLES METALLIQUES SUR LES LIGNES COUPLEES EN TECHNOLOGIE PCB. 15ème Colloque International et Exposition sur la Compatibilité Electromagnétique CEM2010, Apr 2010, Limoges, France. pp.E4-2. hal-00464255

**HAL Id: hal-00464255**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-00464255>**

Submitted on 30 Mar 2010

**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.

# INFLUENCE DE GRILLES METALLIQUES SUR LES LIGNES COUPLEES EN TECHNOLOGIE PCB

T. Le Gouguec- P.-M. Martin

Université de Brest ; CNRS, UMR 3192 Lab-STICC, ISSTB, 6 avenue Victor Le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest cedex 3, France.

[Thierry.legouguec@univ-brest.fr](mailto:Thierry.legouguec@univ-brest.fr); [Pierre-Marie.Martin@univ-brest.fr](mailto:Pierre-Marie.Martin@univ-brest.fr)

**Résumé.** Nous présentons ici une étude rigoureuse de l'effet de grilles métalliques perpendiculaires sur les caractéristiques de lignes couplées de types microrubans et coplanaires. Une étude électromagnétique permet de montrer les variations des paramètres de propagation des modes commun et différentiel pour chaque type de lignes, en présence d'une grille métallique. Nous mettons aussi en évidence le risque d'apparition de zéros de transmission à certaines fréquences, notamment pour le mode commun, et nous effectuons une étude des paramètres de grille les plus influents sur ces perturbations.

## I. INTRODUCTION

L'augmentation des densités d'intégration des cartes PCB (*Printed Board Circuit*) ou bien l'utilisation des nouveaux concepts tels que les SiP (*System in Package*) ou les SoP (*System on Package*), entraînent des interactions de plus en plus importantes entre les lignes d'interconnexions elles-mêmes et entre les lignes d'interconnexions et les grilles d'alimentation. L'augmentation des fréquences d'horloges rend ces interactions encore plus problématiques du point de vue de l'intégrité des signaux [1].

Dans une architecture multicouche, nous avons déjà montré les effets des grilles métalliques sur les caractéristiques d'une interconnexion [2][3]. Nous étudions ici l'influence des grilles métalliques perpendiculaires sur les caractéristiques de deux lignes couplées. Après avoir présenté deux structures (microruban et coplanaire) et la méthode d'analyse, nous montrons l'effet de la densité de la grille sur les paramètres de propagation des modes commun et différentiel.

D'autre part, la présence de grilles peut entraîner des perturbations électromagnétiques et notamment des zéros de transmission sur le mode commun. Nous proposons donc l'étude de l'influence de la longueur et de la densité de la grille sur les valeurs des fréquences d'apparition de ces zéros de transmission.

## II. STRUCTURES ET METHODES D'ANALYSE

Nous présentons dans ce papier les résultats de simulation pour deux lignes couplées microrubans et pour deux lignes couplées coplanaires en présence d'une grille

métallique située sur le niveau de métallisation supérieur. La figure 1 illustre une des structures PCB multicouche de type microruban que nous avons étudiées et la figure 2 une structure PCB multicouche de type coplanaire.

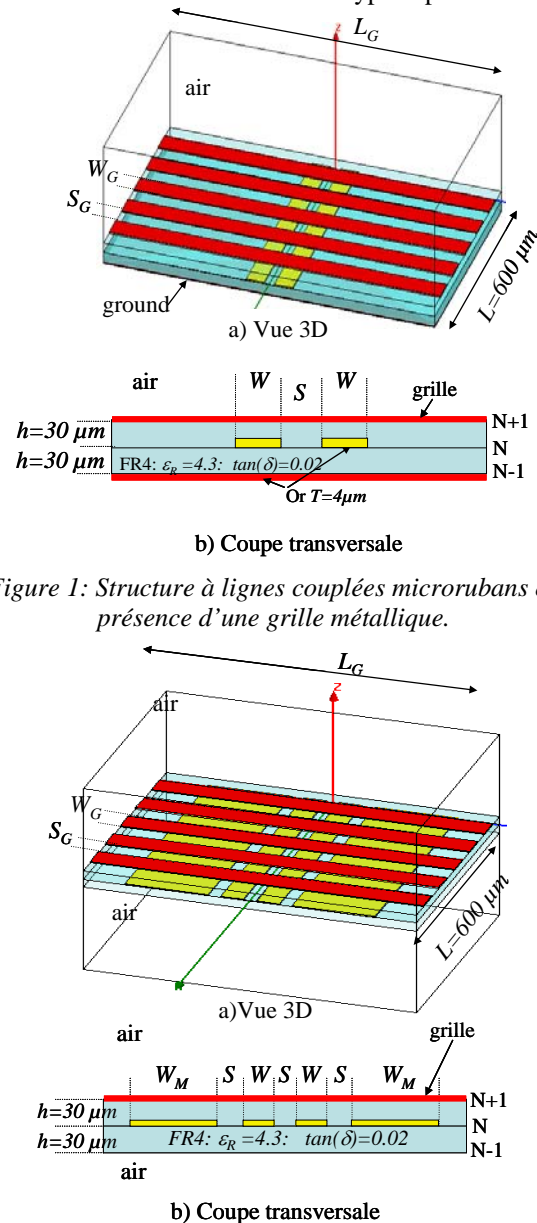


Figure 1: Structure à lignes couplées microrubans en présence d'une grille métallique.

Figure 2: Structure à lignes couplées coplanaires en présence d'une grille métallique.

Nous avons choisi dans les deux cas des longueur et largeur de lignes égales respectivement à  $L = 600 \mu m$  et  $W = 55 \mu m$ . De plus, les deux lignes couplées espacées de  $S = 30 \mu m$  sont placées au niveau de métallisation N et sont insérées entre deux substrats de type FR4 ( $\epsilon_r=4,3$  et  $tg(\delta)=0,02$ ), d'épaisseur  $H=30\mu m$ . Les conducteurs (lignes couplées, grille, plan de masse) sont tous en or (Au) avec une épaisseur de métallisation  $T=4 \mu m$ . La grille métallique est perpendiculaire aux lignes « signal » et est située au niveau de métallisation N+1. Elle est constituée de 5 lignes identiques de longueur  $L_G$ , de largeur  $W_G$  et espacées entre elles d'une distance  $S_G$ . Pour la structure de la figure 1, le niveau de métallisation N-1 de la structure constitue le plan de masse des lignes microrubans.

Pour la structure coplanaire de la figure 2, il n'y a pas de plan de masse au niveau N-1 de métallisation : deux lignes de masse de largeur  $W_M=200 \mu m$  encadrent les lignes « signal » à une distance  $S=30\mu m$  et sont placées au même niveau de métallisation N.

La densité de la grille ( $D\%$ ) est définie dans les deux cas par la formule suivante (1) :

$$D\% = 100 \frac{W_G}{(W_G + S_G)} \quad (1)$$

avec  $W_G$  la largeur des lignes de grille et  $S_G$  leur espacement.

Nous avons réalisé l'étude électromagnétique de ces structures pour des fréquences variant de 1 à 50 GHz en utilisant le code éléments finis HFSS®. Le mode terminal a été utilisé ici afin d'accéder aux paramètres  $S$  généralisés. Les frontières entourant les deux structures sont des courts circuits électriques parfaits (CCE) : les lignes de grilles sont donc reliées entre elles ainsi qu'au plan de masse inférieur dans le cas microruban et simplement reliées entre elles dans le cas coplanaire. A l'aide des formules permettant le passage des paramètres  $S$  généralisés aux paramètres  $S$  des modes commun (ou mode pair) et différentiel (ou mode impair) [4], nous pouvons remonter aisément aux caractéristiques de propagation de ces deux modes ou à leurs paramètres linéiques RLCG.

### III. INFLUENCE DE LA GRILLE SUR LES PARAMETRES DE PROPAGATION

Nous présentons ici l'évolution des impédances caractéristiques (en module) et des facteurs de phase pour les modes commun et différentiel des deux lignes couplées en fonction de la densité de grille. Les résultats des lignes microrubans (figure 3) et des lignes coplanaire (figure 5) correspondent à ceux obtenus pour une fréquence  $F=25 GHz$ .

Dans le cas des structures microrubans, nous remarquons que la présence d'une grille modifie davantage les caractéristiques du mode commun que celles du mode différentiel, conformément à ce que la configuration des

lignes de champs électriques de ces modes laissait penser [5]. Pour les deux modes, le module des impédances caractéristiques diminue linéairement avec la densité de grille, ce qui traduit une augmentation des capacités linéiques et une diminution des inductances linéiques.

D'autre part, le facteur de phase croît avec la densité de grille ce qui traduit l'augmentation de la permittivité effective du milieu et donc un confinement plus important des champs autour des conducteurs.

Nous illustrons figure 4 ce phénomène de concentration des champs avec l'augmentation de la densité de la grille métallique. Nous présentons ainsi le champ électrique des modes commun et différentiel, calculé à la fréquence de 25 GHz, et pour des densités de 20 et 80 %. Nous pouvons noter que ce champ est plus confiné pour une densité importante que pour une faible densité et cela quel que soit le mode considéré.

Dans le cas des structures coplanaire, nous arrivons aux mêmes conclusions que pour les lignes couplées microrubans. En effet, nous constatons (figure 5) que les impédances des modes commun et différentiel diminuent lorsque la densité de grille augmente ce qui traduit l'augmentation des capacités linéiques et la diminution des inductances linéiques équivalentes. De même le facteur de phase des deux modes augmente avec la densité de grille ce qui traduit bien un confinement des lignes de champs autour des conducteurs.

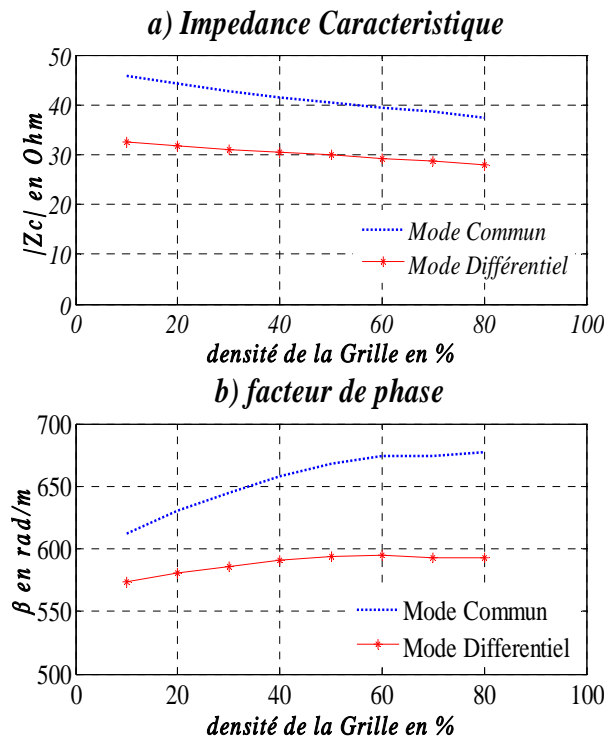


Figure 3: Variation de l'impédance caractéristique (a) et du facteur de phase (b) des modes pair et impair en fonction de la densité  $D\%$  ( $L_G=500\mu m$  et  $F=25 GHz$ ) pour des lignes couplées de type microruban

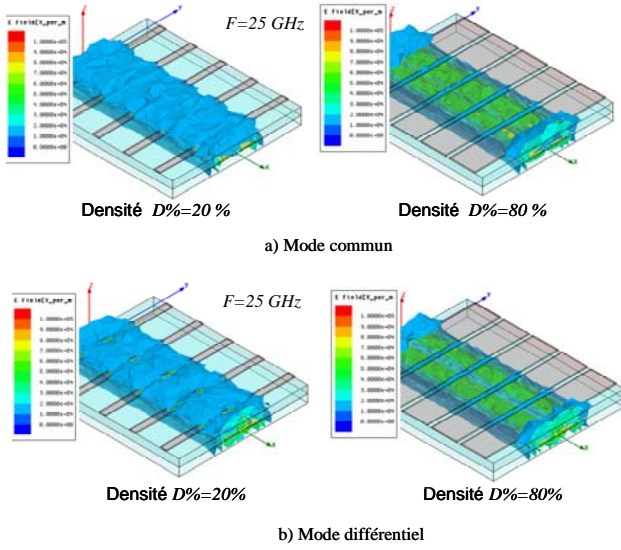


Figure 4 : Amplitude du champ électrique des modes commun (a) et différentiel (b) dans la structure microruban pour des densités de grille de 20 et 80 %.

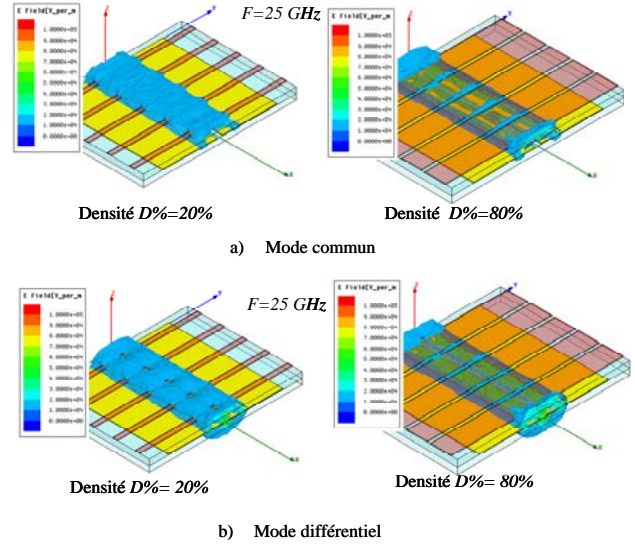
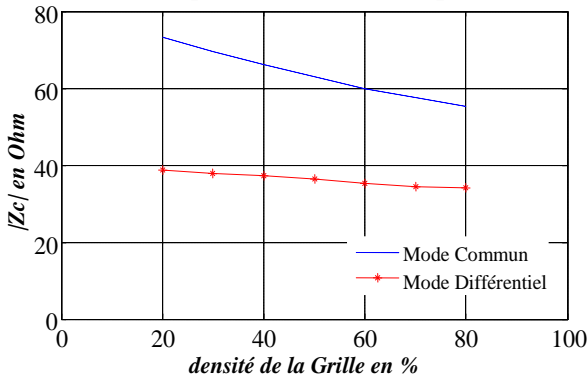


Figure 6 : Amplitude du champ électrique des modes commun (a) et différentiel (b) dans la structure coplanaire pour des densités de grille de 20 et 80 %.

#### a) Impédance Caractéristique



#### b) facteur de propagation

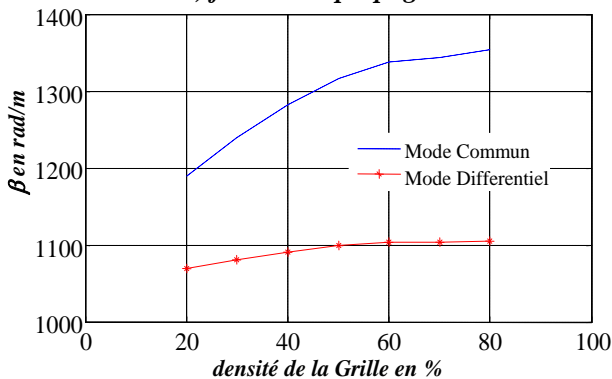


Figure 5: Variation de l'impédance caractéristique (a) et du facteur de propagation (b) des modes pair et impair en fonction de la densité  $D\%$  ( $L_G=800\mu\text{m}$  et  $F=25\text{ GHz}$ ) pour des lignes couplées de type coplanaire

En accord avec la configuration des lignes de champs pour une structure à lignes couplées coplanaire, le mode commun est beaucoup plus sensible à la présence d'une grille que le mode différentiel.

Nous illustrons figure 6 le confinement plus important du champ électrique des modes commun et différentiel lorsque la densité de grille varie de 20 à 80 %.

#### IV. EFFET DE LA LONGUEUR DE LA GRILLE

La présence de la grille entraîne également des perturbations sur le coefficient de transmission  $S_{21}$  du mode commun, notamment pour des longueurs de grille  $L_G$  importantes. Nous illustrons ce phénomène en présentant l'évolution fréquentielle des coefficients de transmission  $S_{21}$  des modes commun et différentiel pour des lignes microrubans (figure 7) et coplanaire (figure 8) pour plusieurs longueur  $L_G$  de grille.

Dans le cas microruban (figure 7) nous avons considéré des lignes couplées en présence d'une grille de densité  $D\%=50\%$  et de longueur  $L_G$  variant de 2 mm à 3.5 mm.

Nous constatons l'apparition d'un zéro de transmission pour le mode commun alors que le mode différentiel n'est pas perturbé. En fait, le mode commun peut aisément s'apparenter à celui d'une ligne microruban et nous avons déjà montré qu'une grille pouvait entraîner des zéros de transmission sur ce type de ligne [3]. Compte tenu de la configuration des lignes de champs électriques du mode différentiel, celui-ci est nettement moins perturbé par la grille et par conséquent aucun zéro de transmission n'apparaît dans la plage de fréquences étudiée ici.

Les fréquences d'apparition des zéros de transmission sur le mode commun sont inversement proportionnelles à la longueur de la grille.

Nous présentons figure 8 l'évolution des fréquences  $F_{\text{zéro}}$  (fréquence d'apparition des premiers zéros du mode commun) en fonction de la longueur de grille  $L_G$ , et cela pour des densités  $D\%$  de 30%, 50% et 70%. Nous pouvons constater que la densité de grille n'a qu'un effet secondaire sur les fréquences  $F_{\text{zéro}}$ .

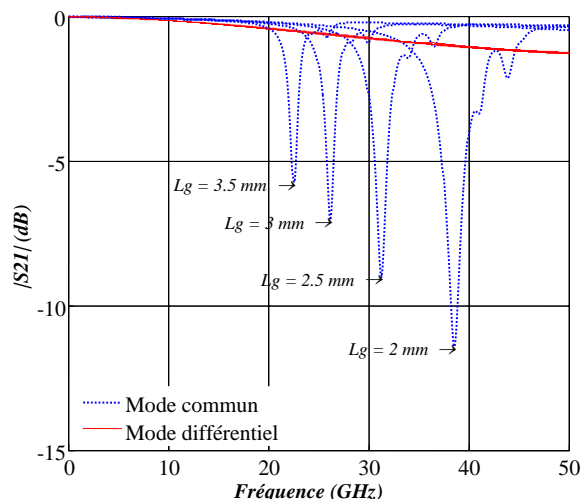


Figure 7: Paramètre de transmission  $S_{21}$  dans le cas d'une grille de densité 50% pour différentes longueurs  $L_G$  de grille. Structure microruban

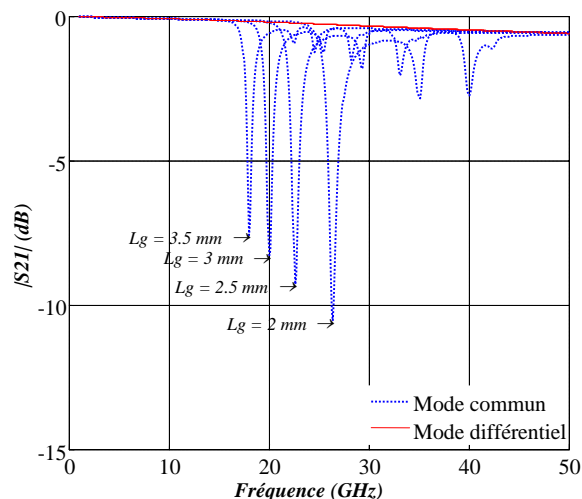


Figure 9 : Paramètre de transmission  $S_{21}$  dans le cas d'une grille de densité 50% pour différentes longueurs  $L_G$  de grille. Structure Coplanaire.

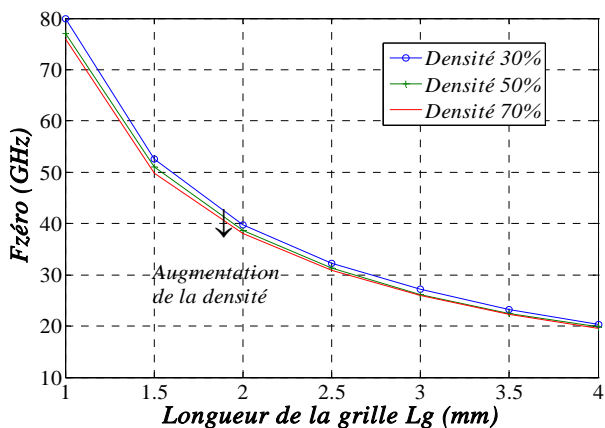


Figure 8: fréquence des premiers zéros de transmission en fonction de la longueur  $L_G$  ( $D\% = 30\%$ ,  $50\%$  et  $70\%$ )

Pour les structures coplanaires nous pouvons constater le même phénomène d'apparition de zéros de transmission sur le mode commun, comme nous l'illustrons figure 9. Nous retrouvons dans ce cas le même type d'évolution des paramètres de transmission pour les modes commun et différentiel. Encore une fois, le mode commun est très largement perturbé par l'apparition d'un zéro de transmission, alors que le mode différentiel l'est beaucoup moins. La valeur de la fréquence d'apparition des zéros de transmission  $F_{zéro}$  est également directement liée à la longueur de la grille.

## V. CONCLUSION.

Dans ce papier, nous avons présenté l'influence d'une grille métallique perpendiculaire sur les caractéristiques de lignes couplées de type microruban ou coplanaire. Nous avons montré que la présence de grilles métalliques modifiait les paramètres de propagation des modes pair et impair. En outre, si ces grilles sont particulièrement longues elles entraînent l'apparition de zéros de transmission principalement sur le mode commun. Nous avons obtenu des résultats tout à fait similaires pour les structures microrubans et coplanaires.

## REFERENCES

- [1] C-K. Cheng, J. Lillis, S. Lin and N. Chang, "Interconnect analysis and synthesis" WILEY-Interscience 2000.
- [2] Y. Quéré, T. Le Gougec, N. Tanguy, P-M. Martin, D. Le Berre, F. Huret, " High-Frequency Effects of Orthogonal Interconnect Layers on Inductance in High-Speed VLSI Circuits" 10th IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnect (SPI06), Berlin (Germany), mai 2006.
- [3] Y. Quéré, T. Le Gougec, P-M. Martin, D. Le Berre, F. Huret "Frequency Domain Analysis of Transmission Zeroes on High-Speed Interconnects in the Presence of an Orthogonal Metal Grid Underlayer" IEEE transaction on Advanced Packaging, Vol 31 n°4, Nov 2008, pp: 684-691.
- [4] D.E. Bockelman, AND W. R. Eisenstadt, "Combined Differential and Common-Mode Scattering Parameters: Theory and Simulation, " IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., vol. 43, no. 7, pp. 1530-1539, July 1995.
- [5] K.C. GUPTA, R. GARG, I. BAHL, P. BHARTIA, "Microstrip lines and Slotlines" second edition Artech House 2004.