

Perturbation d'une onde électromagnétique plane par un réseau de fils résistifs

Mario Le Blanc, étudiant 3^e cycle

Dr Gilles Y. Delisle, directeur de recherche

Abstract: The development of Schottky diode probe arrays for the measurement of microwave fields near a lossy body leads to considerations of the effect of the probes on the measured fields. High resistance NiCr wires link the diodes to the electronics. The effect of those wires is studied using a simple, 2-D model.

Résumé: Un des principaux problèmes techniques reliés à la réalisation de sondes à réseau de diodes Schottky pour la mesure du champ micro-onde près d'un diélectrique à pertes est celui de la perturbation causée par les sondes. On présente une étude de l'effet du réseau de fils peu conducteurs qui relie les diodes à l'électronique de mesure. Un modèle simple à deux dimensions est utilisé.

Il a récemment été proposé [1] d'utiliser les mesures faites simultanément par plusieurs détecteurs à diodes Schottky disposés en réseau linéaire pour caractériser le champ électrique près d'un diélectrique à pertes illuminé par une source micro-onde. Dans ce contexte, on ne peut négliger, sans étude quantitative, l'effet du réseau de détecteurs, et des lignes qui acheminent les signaux détectés vers l'électronique, sur le champ électromagnétique à mesurer.

On considère ici un réseau linéaire de 8 capteurs espacés de 7,5 mm ($= \lambda/4$ à 10 GHz). On s'attache plus particulièrement à l'effet des 16 fils peu conducteurs qui partent des capteurs. Même si ces fils sont de longueur finie (≈ 60 cm), on les traite ici comme étant infiniment longs, ce qui simplifie l'analyse. Comme le courant à l'extrémité d'une antenne filaire est nul, les perturbations produites par les fils réels devraient être plus faibles que celles qui sont calculées ici.

Les fils sont en alliage NiCr, d'un diamètre de 0,127 mm. La conductivité σ de l'alliage est de $8,91 \cdot 10^5$ S/m (environ 1,5 % de la conductivité du cuivre). La figure 1 illustre la géométrie du réseau de fils. Dans le présent travail, on s'intéresse à l'interaction entre ce réseau et une onde TM (champ E parallèle aux fils) d'amplitude 1 V/m, arrivant de la gauche.

Le calcul de l'interaction entre l'onde et les fils est effectué à l'aide de la méthode des moments en deux dimensions pour les diélectriques [2]. La section de chaque fil est divisée en 40 cellules carrées, et la circonférence du fil est remplacée par un périmètre en escalier (figure 2). La taille des cellules est ajustée pour que la section du modèle soit égale à celle du fil. Le centre de chaque cellule est occupé par un filament de courant infiniment mince dont on cherche (sous forme de solution d'un système d'équations linéaires) le coefficient complexe. On remarque

que la région intérieure du modèle du fil est occupée par 12 cellules où on pose arbitrairement que le champ électrique (et donc le courant axial) est nul. Ceci se justifie lorsqu'on considère que le rayon du fil est beaucoup plus grand que la profondeur de pénétration, qui est donnée par

$$\delta \cong \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_0\sigma}} = 0,0053 \text{ mm.}$$

En d'autres termes, même si l'alliage est sensiblement moins conducteur que le cuivre, il est encore un très bon conducteur à la fréquence considérée.

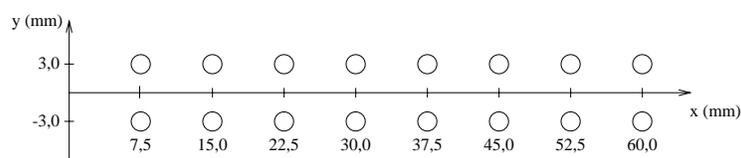


Figure 1

Géométrie du réseau de 16 fils résistifs infiniment longs. La section des fils n'est pas à l'échelle.

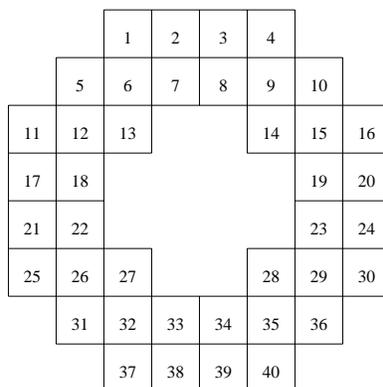
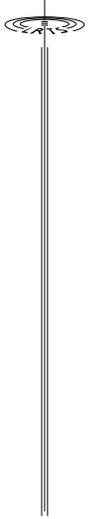


Figure 2

Détail de la section du modèle d'un fil pour les calculs par la méthode des moments. L'arête de chaque cellule est longue de $15,608 \cdot 10^{-3}$ mm.

Nous avons vérifié, pour le cas d'un seul fil, que le modèle rendait bien compte de la diffusion d'une onde plane, en comparant le résultat du calcul de section efficace de diffusion effectué par la méthode des moments à la solution exacte fondée sur une série de fonctions de Bessel [3]. C'est ce qui motive notre confiance dans les résultats obtenus pour le réseau de 16 fils.



Après calcul des 640 coefficients complexes I_i des fonctions de base, le champ électrique diffusé en tout point extérieur aux fils est évalué à l'aide de la relation

$$E_{\text{scat}}(x, y) = - \sum_{i=1}^{640} I_i \frac{k_0^2}{4\omega\epsilon_0} H_0^{(2)}(k_0\rho)$$

où ρ est la distance entre le point d'observation et le centre de la $i^{\text{ème}}$ cellule et $H_0^{(2)}$ est la fonction de Hankel de deuxième espèce et d'ordre 0. Le champ total est alors donné par

$$E_{\text{total}} = E_{\text{inc}} + E_{\text{scat}} = \cos(k_0x) - j\sin(k_0x) + E_{\text{scat}}.$$

La figure 3 illustre le module de E_{total} en fonction de la position le long du grand axe du réseau. On constate de très fortes perturbations, puisque le champ se situe, au niveau des capteurs, entre -1,8 dB et -18,5 dB par rapport à sa valeur en l'absence du réseau de fils. Ce résultat, bien que préliminaire en raison de l'hypothèse de fils infiniment longs, indique que la mesure de la composante du champ E parallèle à l'axe des fils risque d'être beaucoup plus difficile que celle des deux autres composantes du champ.

Nous poursuivons actuellement cette étude, notamment en considérant le cas où le réseau de sondes est placé près d'une plaque conductrice (présence d'ondes stationnaires).

Références

- [1] M. Le Blanc, G.Y. Delisle, «Near-Field Measurement of Power Absorption in a Lossy Dielectric at Microwave Frequencies,» Proceedings of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Halifax, NS, vol. 2, pp. 572-575, Sept. 1994.
- [2] E. H. Newman, K. Kingsley, «An introduction to the method of moments,» Computer Physics Communications, vol. 68, pp. 1-18, 1991.
- [3] H. E. Bussey, J. H. Richmond, «Scattering by a Lossy Dielectric Circular Cylindrical Multilayer, Numerical Values,» IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-23, no. 5, pp. 723-725, 1975.

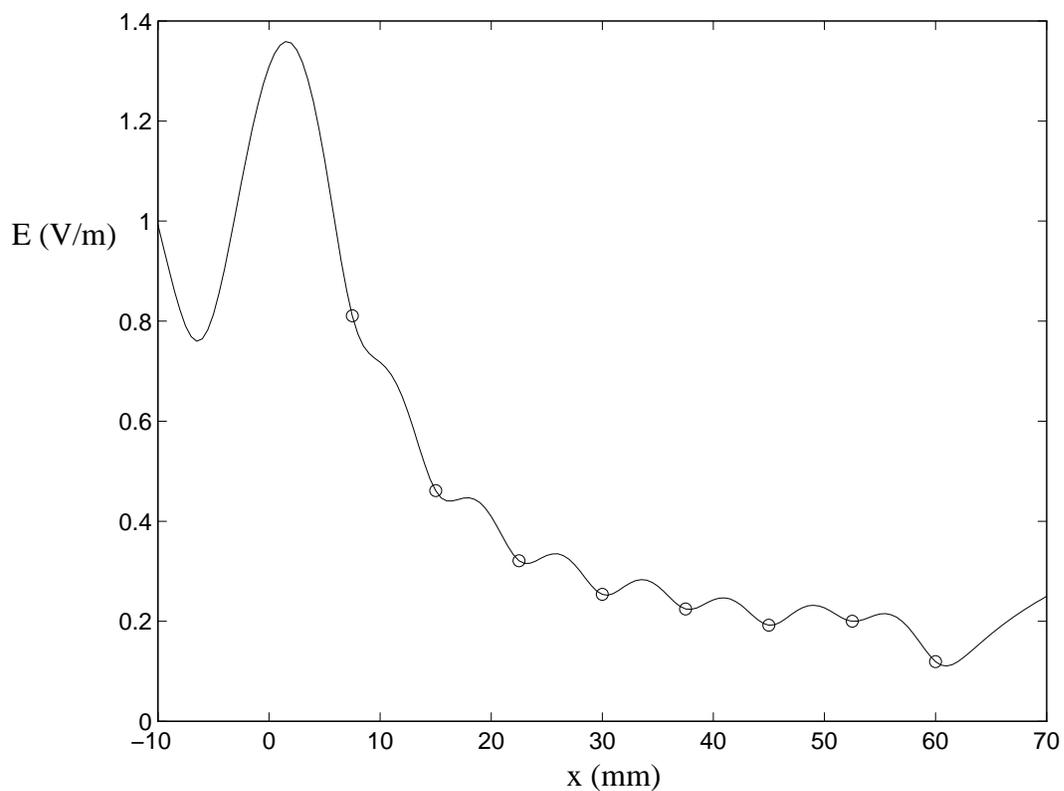


Figure 3

Module du champ électrique total (incident + diffusé) le long du grand axe du réseau, à mi-chemin entre les deux rangées de fils. Les abscisses des capteurs sont indiquées par des cercles.

