



**RADIO SCIENCE
FOR HUMANITY**

Méthode de caractérisation non destructive des propriétés diélectriques RF pour les produits alimentaires

Abanob Abdelnour¹, Ahmed Rennane^{1,2}, Darine Kaddour¹ and Smail Tedjini¹

1 Université Grenoble Alpes/LCIS, 50 rue Barthélémy de Laffemas -BP 54 26902 Valence Cedex 9 -France

2 Instrumentation Laboratory, FEI USTHB University, Algiers, Algeria

Mots clés : Caractérisation diélectrique, antenne dipôle, produit alimentaire.

Résumé

Cet article présente une méthode de caractérisation diélectrique non destructive pour des échantillons diélectriques hétérogènes tels que des produits alimentaires. Le principe est basé sur la mesure du coefficient de réflexion d'une antenne dipôle en bon contact avec la surface de l'échantillon. Les mesures de constante diélectrique obtenues avec l'antenne dipôle sont en bon accord avec celles obtenues par le logiciel de simulation électromagnétique (HFSS) et une sonde coaxiale disponible dans le commerce.

1 Introduction

Il est à noter que plusieurs études ont démontré la relation entre les propriétés physicochimiques des matériaux et leurs propriétés diélectriques. En effet, la constante diélectrique ou la permittivité peut être liée à certains paramètres de qualité, tels que l'humidité, le taux de graisse, le taux de protéine ou encore le niveau de pH. De plus, la permittivité de certains types d'aliments peut aussi être liée au niveau de maturation [1].

La méthode la plus populaire pour la caractérisation diélectrique des aliments est la sonde coaxiale. Sa popularité est largement due à ses procédures d'étalonnage relativement simples, la gamme de fréquences de mesure et la disponibilité commerciale. Cependant, la sonde coaxiale est très coûteuse à mettre en œuvre et ne convient que pour des échantillons homogènes. Par conséquent, pour des échantillons diélectriques hétérogènes tels que des produits alimentaires, une autre méthode capable de mesurer la permittivité moyenne et facile à manipuler serait utile.

Ce travail introduit et valide une méthode de caractérisation diélectrique non destructive basée sur la mesure du coefficient de réflexion d'une antenne dipôle placée sur l'échantillon sous test.

2 Principe de la méthode proposée

La permittivité diélectrique du substrat peut être décrite en fonction de la fréquence de résonance d'un dipôle simple en bon contact avec la surface du matériau:

$$\epsilon_r = 2 \left[\left(\frac{K_1}{K_2} \right) \left(\frac{c}{2 L f_{fr}} \right)^2 \right] - 1 \quad (1)$$

C est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide, L est la longueur du dipôle, f_r la fréquence de résonance, K_1 et K_2 représentent les facteurs de remplissage des lignes de champ électrique entre les deux milieux diélectriques et qui dépendent principalement des dimensions de l'antenne et de l'épaisseur du substrat [2].

3 Configuration de la mesure et simulation

L'antenne utilisée pour la simulation et la mesure est un dipôle simple de 50 ohms dont les dimensions sont $L = 157,5$ mm & $W = 1,2$ mm. Le dipôle est fabriqué en cuivre d'épaisseur = 35 μ m et est imprimé sur un substrat souple (polyimide) avec une constante diélectrique = 3.4, une tangente de perte = 0.002 et une épaisseur de 0.1524 mm ce qui permet à l'antenne d'être en bon contact avec la surface de l'échantillon comme le montre la figure 1.

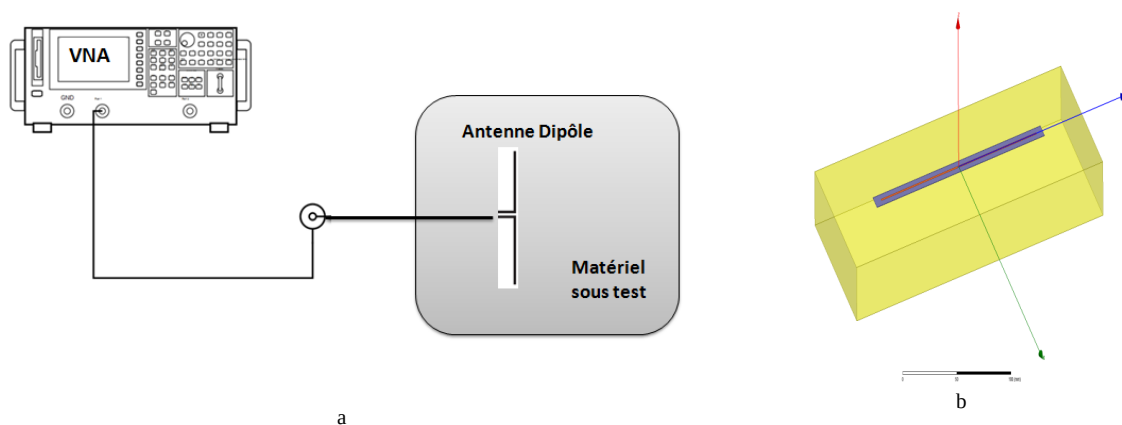
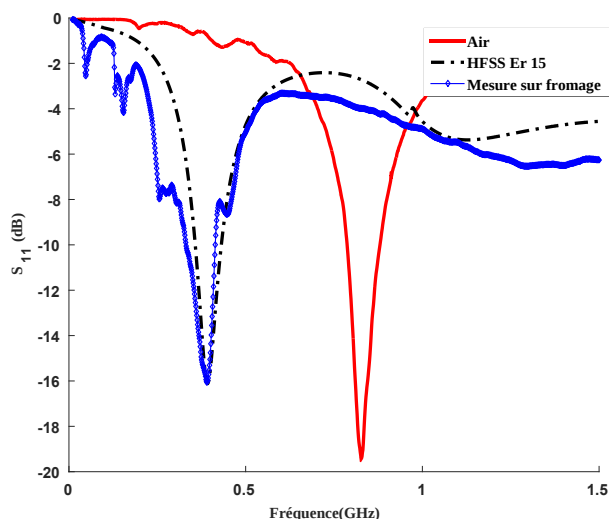


Fig.1. a) Configuration de la mesure b) Simulation HFSS

Le dipôle imprimé résonne dans l'air dans la bande UHF européenne RFID (867 MHz). Une simulation paramétrique a été effectuée sur HFSS en variant ϵ_r du modèle d'échantillon afin d'adapter les courbes simulées de S_{11} aux mesures et d'estimer ϵ_r de la simulation. La figure 2 montre la mesure du coefficient de réflexion du dipôle demi-onde dans l'air et en contact avec un échantillon de fromage. La courbe de mesure du fromage correspond au modèle HFSS de $\epsilon_r = 15$.

Fig.2. Mesure du coefficient de réflexion dans l'air, en contact avec un échantillon de fromage et modèle HFSS ($\epsilon_r = 15$)

A partir de l'équation (1), la fréquence de résonance mesurée du dipôle sur l'échantillon de fromage correspond à une valeur de $\epsilon_r = 15$ avec une incertitude de ± 1 . La valeur moyenne de trois mesures de permittivité du fromage avec la sonde coaxiale est 14.

4 Conclusion

Une méthode simple non destructive et rapide pour la caractérisation diélectrique basée sur une antenne dipôle est présentée dans cet article. Les résultats obtenus par cette méthode sur un échantillon de fromage ont été comparés à ceux d'un logiciel de simulation électromagnétique (HFSS) et d'une sonde coaxiale disponible dans le commerce.

Références

- [1] S. D. Nguyen, T. T. Pham, E. F. Blanc, N. N. Le, C. M. Dang, and S. Tedjini, "Approach for quality detection of food by RFID-based wireless sensor tag," *Electron. Lett.*, vol. 49, no. 25, p. 1588, 2013.
- [2] A. Abbosh, "Accurate Effective Permittivity Calculation of Printed Center-Fed Dipoles and Its Application to Quasi Yagi-Uda Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 61, no. 4, pp. 2297–2300, Apr. 2013.