

Conception et mise en œuvre d'un capteur hyperfréquence large bande pour l'analyse non-invasive de tissus cancéreux cutanés

Mohamed Zied Fritiss^{1,2}, Patrick Poulichet¹, Hakim Takhedmit¹, Laurent Lanquetin², Elodie Richalot¹, Olivier Français¹

(1) ESYCOM, CNRS UMR 9007, Université Gustave Eiffel. F.77454 Marne-la-Vallée, France

(2) Segula Technologies, Zone d'activité Pissaloup, 8 Av. Jean d'Alembert, 78190 TraFranceFrance

1. Introduction

Les propriétés diélectriques des tissus biologiques varient en fonction de leur composition et de l'état physiologique de la personne. Dans le cas d'un mélanome cutané, une variation de la permittivité de la peau se retrouve au niveau de la lésion en lien avec modification de la teneur en eau des cellules cancéreuses [1]. Un capteur réalisant l'imagerie de la permittivité complexe d'une zone suspecte, avec une résolution spatiale compatible avec les faibles dimensions des surfaces d'intérêt (de l'ordre du millimètre), présente un enjeu majeur [2]. Une difficulté de la mise au point de ce type de capteur tient à la sensibilité nécessaire pour la détection de faibles variations de permittivité nécessaire afin de correctement différencier le type et le degré d'évolution de la lésion.

Il existe plusieurs types de capteurs pouvant permettre de réaliser ce type de caractérisation ou détection. La sonde la plus répandue est la sonde coaxiale ouverte. Elle possède de nombreux avantages, telles que sa facilité de conception, de mise en œuvre et une très bonne résolution [3]. Dans le contexte de la détection du mélanome, sa mise en œuvre sur une technologie SIW (Substrate Integrated Waveguide) permet d'envisager son intégration sur un substrat, avec des dimensions millimétriques ouvrant la voie à d'autres perspectives d'améliorations [4].

Cet article présente les premiers résultats autour d'un capteur RF innovant, capable de relever des faibles variations de permittivité cutanée, pour pouvoir envisager la détection de différents types de tumeurs avant leur développement.

2. Choix et conception des structures de mesure

Le travail présenté est dédié à la conception, réalisation et caractérisation, d'une sonde planaire hyperfréquences permettant d'extraire les propriétés diélectriques d'un tissu biologique par une mesure directe (in vivo). La sonde proposée est composée de deux parties : (Fig. 1.a) une zone de mesure miniaturisée du type sonde ouverte et (Fig. 1.b) une ligne strip-line adaptée d'amenée du signal, depuis le générateur vers la partie sensible. La partie sensible (a) utilise un substrat en Roger 3003 contenant un via central pour le conducteur et des vias métallisés disposés en cercle en guise de paroi métallique. La partie (b) utilise deux substrats en Arlon 25N qui sont retournés et collés l'un à l'autre (Figure 1).

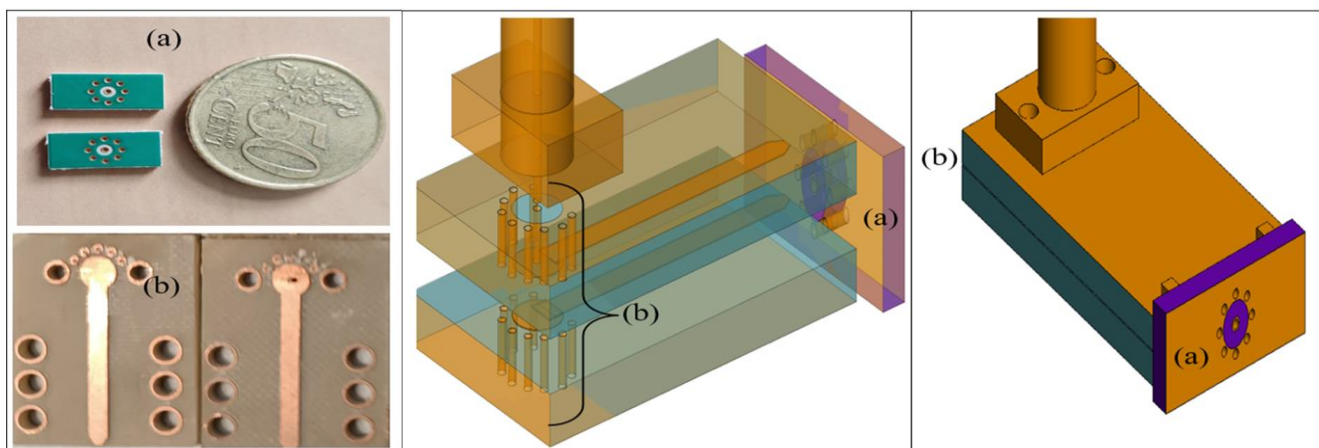


Figure 1. Vue 3D et photographie des différents éléments de la sonde proposée : (a) partie sensible (b) ligne strip-line.

3. Environnement de mesure :

Afin de pouvoir correctement caractériser et valider expérimentalement le capteur, il est nécessaire d'effectuer des tests proches des mesures in vivo. La méthode la plus utilisée est celle

des tissus fantômes qui ont des propriétés électromagnétiques proches de celles des tissus biologiques humains [5]. Des tissus fantômes ont été développés afin de reproduire les caractéristiques diélectriques d'une peau saine (Fig. 2.A) et d'une peau présentant un mélanome (Fig. 2.B) en utilisant des matériaux non toxiques et biodégradables en faisant appel à de la gélatine, de l'agar-agar, de l'eau et des microbilles de polyéthylène.

4. Résultats et analyses

Un premier prototype de sonde a été fabriqué (Fig. 2.C). Des mesures du coefficient de réflexion (S_{11}) de 1 à 6 GHz, sur des liquides de référence (Eau, Ethanol, Dimethylsulfoxyde) et des tissus fantômes (peau/tumeur) ont été réalisées (Fig. 2.D), afin de confronter les mesures et évaluer la discrimination des milieux par la sonde.

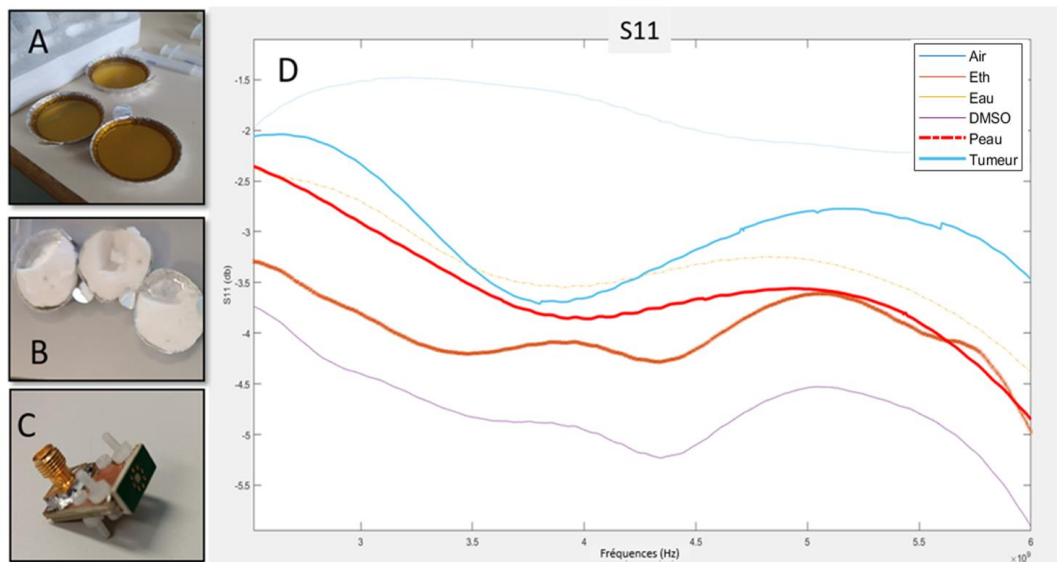


Figure 3 : A. Tissus fantômes type peau et B. tumeur C. Prototype de la sonde D. Coefficients de réflexion S_{11} obtenus avec le prototype de sonde pour différents matériaux sous test et photographie du prototype final.

5. Conclusion

Les résultats obtenus permettent d'évaluer la capacité de la sonde à analyser sur une large bande fréquentielle et différencier une tumeur d'un tissu sain, en conservant des dimensions réduites (surface de détection actuelle d'un diamètre de 1,3 mm) avec une bonne sélectivité. Grâce à une étape de calibrage, il est alors possible de remonter aux propriétés diélectriques (permittivité complexe) des tissus fantômes synthétisés.

Références

- [1] Mirbeik-Sabzevari, Amir, Robin Ashinoff, and Negar Tavassolian. "Ultra-wideband millimeter-wave dielectric characteristics of freshly excised normal and malignant human skin tissues." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 65.6 (2017): 1320-1329.
- [2] B. J. Mohammed, S. A. R. Naqvi, M. Manoufali, K. Bialkowski, A. M. Abbosh, "Changes in epidermal dielectric properties due to skin cancer across the band 1 to 50 GHz." 2018 Australian Microwave Symposium (AMS). IEEE, 2018.
- [3] La Gioia, E. Porter, I. Merunka, A. Shahzad, A. Salahuddin, M. Jones, & M. O'Halloran "Open-ended coaxial probe technique for dielectric measurement of biological tissues: Challenges and common practices." *Diagnostics* 8.2 (2018): 40.
- [4] P.M. Meaney, T. Zhou, A. Borsic, T. Farkas "Planar Probe and system for measuring dielectric properties of biological materials." U.S. Patent No. 9, 880,118. 30 Jan. 2018.
- [5]. R. Aminzadeh, M. Saviz and A. A. Shishegar, "Characterization of low-cost tissue mimicking materials at millimeter-wave frequencies," 2015 23rd Iranian Conference on Electrical Engineering, 2015, pp. 283-287, doi: 10.1109/IranianCEE.2015.7146225.