

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Optique et mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Métrologie

Mémoire de Master

Détection des cellules cancéreuses à l'aide des méta-matériaux multi bandes

Étudié par :

BERAZGUIA Achouak

Dirigé par :

Dr. MEZACH ZinelabiddineD

Devant le jury :

(Président) : Dr. Faci.

(Examineur) : Dr. Nekaa.

Soutenue le : 04/07/2022

Sommaire

Remerciements	I
Dédicaces	II
sommaire	III
Listes des figures et tableaux.....	IV
Acronymes et abréviations	V
Introduction générale.....	12

Chapitre I :Généralités sur les méta-matériaux et les biocapteurs

I.1	Introduction	3
I.2	Historique des méta-matériaux : les travaux fondateurs.....	4
I.2.1	Travaux de VESLAGOU	4
I.2.2	Affirmation des travaux.....	4
I.3	C'est quoi un Meta matériau ?.....	5
I.4	Réponse EM des matériaux	5
II.4.1	Perméabilité négative (Réponse magnétique)	6
II.4.2	Permittivité négative (réponse électrique).....	7
II.4.3	L'indice négatif de méta matériaux :	8
I.5	Classification des méta-matériaux	8
I.6	Application des méta-matériaux.....	10
I.7	Les biocapteurs	11
I.7.1	Biocapteur microonde	12
I.7.2	Principe de fonctionnement des biocapteurs micro-onde.....	12
I.7.3	Biocapteur micro-onde à résonateur diélectrique	13
I.7.3.1	Principe de fonctionnement du résonateur	13
I.8	Utilisation des méta-matériaux dans les biocapteurs micro-ondes	14
I.8.1	Amélioration des performances des biocapteurs grâce aux méta-matériaux.....	14
I.8.2	Applications des capteurs méta matériau micro-ondes dans la détection du cancer	15
I.9	Conclusion.....	16

Chapitre II :Simulation et optimisation des structures méta-matériaux

II.1	Introduction	17
II.2	Description du Logiciel de Simulation CST STUDIO SUITE.....	18
II.2.1	Pourquoi avons-nous choisi CST STUDIO SUITE ?.....	18
II.2.2	Description générale de l'interface CST STUDIO SUITE.....	18
II.3	Performance de résonateur	19
II.3.1	Les paramètres S.....	19
II.3.2	Critères de Choix des Substrats	20
II.4	Les différents structures étudiés	20
III.4.1	Modèle SRR carré	20
II.4.1.1	Présentation de la structure proposée.....	20
II.4.1.2	Les résultats de simulation.....	22
II.4.1.3	Interprétation des résultats	23
III.4.2	Modèle SSR circulaire.....	24
II.4.2.1	Présentation de la structure proposée	24
II.4.2.2	Résultat et discussion	25
II.4.2.3	Interprétation de résultats	27
III.4.3	Le modèle proposé	28
II.4.3.1	Présentation de la structure proposée	28
II.4.3.2	Résultat et discussion	29
II.4.3.3	Interprétation des résultats.....	31
I.5	Conclusion	32

Chapitre III :Caractérisation d'un biocapteur pour la détection des cellules cancéreuses

III.1	Introduction	33
III.2	Techniques de diagnostic en cas de suspicion de cancer.....	34
III.2.1	L'examen anatomopathologique	34
III.2.2	Etude cytologique.....	35
III.2.3	Etude histologique	35

III.2.4	Les marqueurs tumeurs.....	37
III.3	Réalisation et cahier de charge	37
III.4	Caractérisation de la structure méta-matériaux :	38
III.4.1	Préparation de porte échantillon	38
III.4.2	Préparation de l'analyseur	39
III.5	Les tests de détection	40
III.5.2	Etude histologique	41
III.5.3	Etude cytologique.....	42
III.5.4	Interprétation des résultats.....	43
III.5.5	Etude des marqueurs tumeurs.....	44
III.6	Conclusion	47
	Conclusion générale et Perspective	47
	Bibliographie.....	49
	Résumé	50

Liste des Figures et Tableaux

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les méta-matériaux et les biocapteurs

Figure II. 1 : Premier métamatériau (bidimensionnel) à indice négatif réalisé dans la gamme micro-onde[3].	4
Figure II. 2 : Milieu à perméabilité négative , (a) : réseaux à anneau fondu (SRR) , (b) : Réseau à surface périodique (SRR) [6]	6
Figure II. 3 : Représentation de la perméabilité en fonction de la fréquence ω [7].	7
Figure II. 4: Un milieu a permittivité négative , (c) : Milieu du fil droit, (d) : Réseau planaire pour une permittivité négative[6].	7
Figure II. 5: Représentation de la permittivité en fonction de la fréquence ω [7]	8
Figure II. 6: Réseau à indice de réfraction négatif[5].	8
Figure II. 7 : Classification générale des matériaux physiques en fonction de leur permittivité et de leur perméabilité [10]	9
Figure II. 8: Classification des méta matériaux [11].	10
Figure II. 9 : Exemples des applications de métamatériau	11
Figure II. 10 : Biocapteur de méta-matériaux pour la détection rapide de COVID-19 [15].	11
Figure II. 11: Gamme de fréquences micro-ondes [16].	12
Figure II. 12 : Structure de réseau SRR d'un biocapteur [19].	13
Figure II. 13 : Méta-matériaux à indice de réfraction négative [6].	14

Chapitre II : Simulation et optimisation des structures méta-matériaux

Figure II .1: Interface du CST.	18
Figure II .2: Signaux aux bornes d'un dispositif micro-onde.	19
Figure II.3: Configuration de la cellule SRR carrée ; a) : surface de résonateur SRR carré ; b) : surface de plan de masse.	20
Figure II .4: la cellule RAF carré est mise dans une boite de rayonnement CST	21
Figure II..5 : Résultats de simulation des paramètres S11 et S21 d'un SRR carrée.	22
Figure II 6 : Résultats de simulation de permittivité et perméabilité d'un SRR carré.	22
Figure II .7: la partie real et imaginaire de la permittivité.	23
Figure II.8: la partie real et imaginaire de l'indice de réfraction.	23
Figure II .9 : a) résonateur à anneau fondu circulaire ; b) : le plan de masse.	24
Figure II .10 : Représentation d'une cellule élémentaire du RAF circulaire.	25
Figure II .11: Résultats de simulation des paramètres S11 et S21 d'un SRR circulaire.	26
Figure II .12: Résultats de simulation de permittivité et perméabilité d'un RAF circulaire.	26

Liste des Figures et Tableaux

Figure II .13: la partie real et imaginaire de la perméabilité d'un RAF circulaire.	27
Figure II .14 : La partie real et imaginaire de l'indice de réfraction.	27
Figure II .15: a) résonateur du model proposé ; b) : le plan de masse.	28
Figure II .16: Représentation d'une cellule élémentaire du model proposé.	29
Figure II .17: Résultats de simulation des paramètres S11 et S21 du model proposé	29
Figure II .18: Résultats de simulation de permittivité et perméabilité	30
Figure II .19: La partie real et imaginaire de la perméabilité.....	30
Figure II .20: La partie real et imaginaire de l'indice de réfraction.	31

Chapitre III : Caractérisation d'un biocapteur pour la détection des cellules cancéreuses

Figure III. 1 : a) : prélèvement d'une biopsie, b) : fragments opératoires.	34
Figure III. 2: la technique d'étude cytologique, A) : lame étalé par FCV, B) : technique de coloration, C) : les résultats de coloration.	35
Figure III. 3 : A) : examen macroscopique ; B) : l'étape d'inclusion de l'échantillon dans des cassettes.	36
Figure III. 4: C) : les cassettes remplacées dans la paraffine ; D) : L'étape de coupe les cassettes l'aide d'un microtome.	36
Figure III. 5: E) : les coupes étalées sur les lames ; F) : L'étape de coloration ; G) : les lames ou coupes examinées au microscope.....	36
Figure III. 6 : Conception de résonateurs méta-matériaux fractals.....	37
Figure III. 7 : résonateur en méta-matériaux réalisées pour la détection des cellules cancéreuses (patch, plan de masse).	38
Figure III. 8: les portes échantillons fabriqués.	38
Figure III. 9 : Analyseur vectoriel des réseaux après la calibration.....	39
Figure III. 10 : la structure raccordée à l'analyseur des réseaux.	39
Figure III. 11: Matériels utilisées.....	40
Figure III. 12 : Les deux types des échantillons	41
Figure III. 13: deux prélèvement de type de type histologique (colon sain et non sain).	41
Figure III. 14 : le coefficient de réflexion S11 et l'absorption de colon sain et non sain.	42
Figure III.15: deux prélèvement de type de type cytologique (cyto-mammaire sain et non sain).....	42
Figure III. 16: le coefficient de réflexion S11 et l'absorption de cyto-mammaire négatif et positif. ..	43
Figure III. 17 : les marques tumeurs utilisées.....	44
Figure III. 18 : le coefficient de réflexion S11 de CA 15-3 négatif et positif.....	45
Figure III. 19: le coefficient de réflexion S11 de CA 125négatif et positif	45
Figure III. 20 : le coefficient de réflexion S11 de CA APS négatif et positive.	46

Liste des Figures et Tableaux

Liste des tableaux

Tableau II. 1: Les dimensions de différentes couches du RAF carré.	21
Tableau II. 2: les dimensions de patch RAF circulaire.....	25
Tableau III.1: les fréquences de résonance et le coefficient de réflexion de chaque cas testé.....	43
Tableau III. 2: Les fréquences de résonance, le coefficient de réflexion et l'absorption de chaque cas testé	46

Introduction générale

Résumé

L'utilisation des ondes électromagnétiques pour la détection du cancer est considérée comme une méthode rapide, accessible et non invasive qui peut améliorer les chances de survie des patients. Les métamatériaux sont des matériaux composites artificiels qui présentent des propriétés électromagnétiques non présentes dans la nature, telles que la permittivité et la perméabilité doublement négatives. Ces propriétés permettent le développement de nouveaux composants micro-ondes pour la détection des cellules cancéreuses.

Dans ce mémoire, notre objectif principal était de simuler et de réaliser un biocapteur micro-ondes en utilisant des résonateurs métamatériaux pour une application médicale, à savoir la détection des cellules cancéreuses. La simulation a été effectuée à l'aide du logiciel CST Studio, et les résultats de la simulation ont été discutés et comparés aux résultats expérimentaux obtenus lors de différents tests de détection du cancer.

Mots-clés : Biocapteur, résonateur, Méta-matériaux, perméabilité négative, permittivité, cancer, SRR, indice de réfraction.

Abstract

The use of electromagnetic waves for cancer detection is considered a rapid, accessible, and non-invasive method that can improve patients' chances of survival. Meta-materials refer to artificial composite materials that possess electromagnetic properties not found in nature, such as negative double values of permittivity and permeability. These properties enable the development of new microwave components for the detection of cancer cells.

In this thesis, our primary focus was on simulating and implementing a microwave biosensor utilizing meta-material resonators for medical applications, specifically the detection of cancer cells. The simulation was conducted using the CST Studio software, and the simulation results were thoroughly discussed and compared to the experimental findings obtained from various cancer detection tests.

Keywords: Biosensor, resonator, Meta-materials, negative permeability, permittivity, cancer, SRR, refractive index.

ملخص

يعتبر استخدام الموجات الكهرومغناطيسية للكشف عن السرطان طريقة سريعة وسهلة الوصول وغير جراحية يمكنها تحسين فرص بقاء المريض على قيد الحياة. المواد الخارقة هي مواد مركبة من صنع الإنسان تظهر خصائص كهرومغناطيسية غير موجودة في الطبيعة ، مثل السماحية السلبية المزدوجة والنفاذية. تسمح هذه الخصائص بتطوير مكونات ميكروويف جديدة للكشف عن الخلايا السرطانية.

في هذه المذكرة ، كان هدفنا الرئيسي هو محاكاة وتحقيق جهاز استشعار حيوي بالميكروويف باستخدام رنانات المواد الفوقية لتطبيق طبي ، وهو اكتشاف الخلايا السرطانية. تم إجراء المحاكاة باستخدام برنامج CST Studio ، وتمت مناقشة نتائج المحاكاة ومقارنتها بالنتائج التجريبية التي تم الحصول عليها خلال اختبارات الكشف عن السرطان المختلفة.

الكلمات المفتاحية: حساس حيوي ، مرنان ، مواد خارقة ، نفاذية سلبية ، سماحية ، سرطان ، معامل انكسار