

## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 57766 B1** (51) Cl. internationale : **A61B 5/00; A61B 5/00**

(43) Date de publication :  
**30.08.2024**

---

(21) N° Dépôt :  
**57766**

(22) Date de Dépôt :  
**02.09.2022**

(71) Demandeur(s) :  
**Université Mohammed V - RABAT, Avenue des Nations Unies, Agdal, bp 8007 NU, 10000 Rabat (MA)**

(72) Inventeur(s) :  
**Ammor Hassan ; ER-Rguig Zakaria**

(74) Mandataire :  
**KARTIT Zaid**

---

(54) Titre : **Système intelligent pour la Détection du Cancer du Sein par Technique Radiofréquence**

(57) Abrégé : Le système de la détection du cancer du sein faisant l'objet de la présente invention se situe dans le domaine de l'imagerie microonde. Ladite invention porte sur un nouveau dispositif électronique sans partie motrice, qui permet la détection précoce des tumeurs du sein, l'enregistrement et l'envoi des informations concernant la morphologie du sein de la patiente sont gérés par un module de communication via un canal de transmission sécurisé. La localisation des tumeurs est assurée par la mesure de l'amplitude et la différence des phases entre des antennes réceptrices en technologie microruban espacées de  $\lambda/4$  (Quart d'onde). Le dispositif proposé, encombre une multitude de modules, un calculateur central, des switches hyperfréquences, un module radiofréquence et une structure antenne en émission et réception qui rayonne entre 1 GHz et 5 GHz. Les instructions stockées dans la mémoire interne du calculateur seront traitées en temps réel par une unité de traitement centrale. L'ensemble est intégré dans une structure fiable respectant les normes de l'environnement hospitalier en vigueur, en termes de radiation, d'hygiène et de sécurité.

**Abrégé**

Le système de la détection du cancer du sein faisant l'objet de la présente invention se situe dans le domaine de l'imagerie microonde. Ladite invention porte sur un nouveau dispositif électronique sans partie motrice, qui permet la détection précoce des tumeurs du sein, l'enregistrement et l'envoi des informations concernant la morphologie du sein de la patiente sont gérés par un module de communication via un canal de transmission sécurisé. La localisation des tumeurs est assurée par la mesure de l'amplitude et la différence des phases entre des antennes réceptrices en technologie micro-ruban espacées de  $\lambda/4$  (Quart d'onde). Le dispositif proposé, encombre une multitude de modules, un calculateur central, des switches hyperfréquences, un module radiofréquence et une structure antenne en émission et réception qui rayonne entre 1 GHz et 5 GHz. Les instructions stockées dans la mémoire interne du calculateur seront traitées en temps réel par une unité de traitement centrale. L'ensemble est intégré dans une structure fiable respectant les normes de l'environnement hospitalier en vigueur, en termes de radiation, d'hygiène et de sécurité.

## **Titre : Système intelligent pour la Détection du Cancer du Sein par Technique Radiofréquence**

### **Description :**

La présente invention a trait à un dispositif de détection précoce du cancer du sein, en utilisant des moyens de diagnostic à faible coût et précis susceptibles d'être proposés à un grand nombre des patients et une thérapie moins agressive et non invasive, ce qui permettra la diminution de la mortalité, qui est en général due à une aggravation rapide des déficits des patients atteints du cancer. En effet, la présente invention concerne un système de détection des tumeurs du sein par le biais d'une configuration à radio logicielle (SDR) qui pilote un réseau d'antennes Ultra Large Bande de type Vivaldi et ce, via des switches hyperfréquences. En effet, vu que le coût du dépistage de personnes atteintes du cancer via les techniques classiques est très élevé, il fallait concevoir un système à faible coût que tout le monde peut s'offrir. Pour arriver à cette finalité, le système proposé utilise un concept et une méthode originaux. En effet, les solutions existantes utilisent deux approches différentes à savoir les systèmes à base des rayons X, ou des limitations sanitaires s'imposent vu que les rayons X sont des radiations ionisantes qui peuvent traverser le corps et ont des effets très nocifs sur la santé pour des durées d'exposition longues ou répétées et/ou pour de fortes intensités, et les analyseurs de réseaux vectoriels (VNA) qui sont difficiles à mettre en œuvre et présentent un encombrement et des problèmes de réalisation. Par conséquent, ces dispositifs sont très chers, de grandes tailles, de grands poids et d'un coût de maintenance très élevé.

Le dispositif selon l'invention est particulièrement destiné aux applications radiologiques récentes, non invasives et non-ionisantes qui ne nécessite pas de contraste, pour un meilleur diagnostic et une meilleure détection précoce du cancer du sein, aussi meilleur technique par rapport à celles existantes et présentant un danger des rayons X.

La présente invention a pour but les applications de la détection du cancer du sein et principalement l'imagerie médicale par les méthodes non ionisantes des hyperfréquences, et de remédier à des inconvénients sur les solutions actuelles en permettant de remplacer les analyseurs de réseaux vectoriels VNA existants par d'autres architectures de type Radio Logicielle à **faible coût, de faible poids**, tout en conservant leur utilisation dans la bande de fréquences ISM (Bande industrielle, scientifique et médicale) et en satisfaisant les exigences des normes en terme d'adaptation, de bande passante, du gain et finalement des ouvertures de rayonnement.

Le système comprend trois grandes parties :

### **1. Unité Radiofréquence (Switches + Réseau d'antennes) (1.1 & 1.4) :**

L'unité Radiofréquence combine deux switches hyperfréquences pour commander les antennes en mode Emission et Réception comme mentionné dans la figure 1. Le support est imprimé à

l'aide d'une imprimante 3D et comporte plusieurs encoches pour fixer les antennes Vivaldi originales d'une manière à concentrer le flux du rayonnement électromagnétique envers l'objet de test comme montré sur la figure 3.

Les caractéristiques fréquentielles complètes (Paramètre  $S_{11}$ , diagramme de rayonnement) des antennes type Vivaldi ont été illustrées sur la figure 4. Notre cahier de charges de la conception de ces antennes a été basé sur les exigences des systèmes ULB qui présente de bonnes performances sur les bandes de fréquence ISM (Bande industrielle, scientifique et médicale).

- Courbe  $S_{11}$  (Coefficient de réflexion)

Sur la figure 4a est illustré le schéma de l'antenne micro-ruban Vivaldi. Sur la figure 4b est représenté son diagramme de rayonnement à 2D qui est directif et qui nous permettra d'illuminer la totalité de l'objet de test qui est le sein.

Les résultats du coefficient de réflexion  $S_{11}$  simulé et mesuré entre 2GHz à 12,5GHz sont en bon accord et illustrés sur la figure 4c.

## 2. Unité de Traitement (1.2):

La figure 2 montre deux antennes de réception espacées d'une distance de  $\lambda/4$  (Quart d'onde). Chaque antenne réceptrice reçoit une phase de signal différente. Ce point peut être exploité en utilisant une carte à radio logicielle, qui est capable de recevoir deux ondes électromagnétiques séparées simultanément, et en construisant un circuit logiciel (diagramme de flux), nous pourrions extraire cette différence des phases et effectuer une analyse post-traitement des données des phases recueillies. Et cela, pour chaque micro pas de rotation et à des fréquences différentes.

La méthode des différences de phase proposée pour technique de mesure est illustrée dans la figure 5. Deux antennes micro-rubans sont utilisées pour la réception et une pour la transmission des ondes électromagnétiques à une fréquence bien donnée. Le comportement Ultra Large Bande ULB des antennes utilisées est fortement recherché pour balayer toute la bande de fonctionnement qui s'étale sur une bande fréquentielle de 1GHz jusqu'à 5GHz. Pour la collecte des données, à titre d'exemple, l'objet de test est éclairé par l'antenne émettrice avec une rampe de fréquences de 1GHz à 5 GHz, via un pas fréquentiel de 0,5 GHz. Comme illustré sur la figure 2, les antennes d'émission et de réception sont fixées à un rayon de 8 cm. La plate-forme sur laquelle le fantôme sera testé est totalement balayé de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  par des switches hyperfréquences.

Après chaque étape d'émission-réception, le calculateur alterne les antennes, afin d'illuminer la totalité de l'objet de test, ensuite le calculateur effectue la mesure en calculant la différence des données des phases vues par les antennes réceptrices qui sont espacées d'une distance  $\lambda/4$  (Quart d'onde).

L'unité de traitement est l'organe principal qui commande et synchronise toutes les tâches. Il recueille les angles reçus via le module SDR et commande également les switches hyperfréquences pour illuminer la

totalité du sein et parvenir finalement à construire le diagramme résultant, comme mentionné dans l'organigramme de la figure 6.

Nous avons constaté pendant la prise des mesures, une différence des phases assez constante pour tous les angles de rotation des antennes illuminant le sein artificiel sans tumeur. Durant la prise des mesures du sein artificiel avec tumeur, nous avons observé des valeurs plus grandes sur certains angles de mesure, cela est dû à l'existence de tumeur provoquant des réfractions de l'onde électromagnétique émise depuis l'antenne source sur certaines positions comme mentionné sur la figure 7. L'erreur de mesure est vérifiée de l'ordre de 1%.

Sur la figure 8, nous présentons les résultats de mesure de la différence des phases entre les deux antennes réceptrices pour chaque position d'angle sur l'air, le sein sans tumeur et avec tumeur. Les résultats illustrés sur le cercle 1 représentent les mesures de l'air qui sont considérés comme étalonnage de la manipulation. Nous constatons aussi d'après les résultats obtenus une diminution de la différence des phases lorsqu'il y a présence de tumeur dans le sein artificiel (cercle 2) par rapport à la différence de phase sur le sein artificiel sans tumeur (cercle 3). Nous pouvons avancer l'interprétation physique suivante, c'est que notre système détecte que le sein avec tumeur n'est plus homogène et ceci dû aux propriétés diélectriques et la conductivité élevées des tumeurs

### **3. Unité de Communication (1.3) :**

L'unité de communication (1.3) est un module indispensable dans l'architecture du système proposé, qui a pour rôle la collecte des données à caractère personnel telles que (son âge, son genre, poids, Date, etc.) et l'acquisition des informations provenant de l'unité Radio et l'unité de Traitement.

Ensuite, communiquer ces dernières via un canal de transmission sécurisé vers une base de données chiffrée pour archivage et aussi pour des éventuelles consultations postérieures par les médecins soignants.

Sur la figure 9, nous présentons le système complet avec l'intégration du support des 24 antennes avec le sein artificiel à dépister. Sur la figure 10, nous présentons la photo réelle de l'expérience menée avec notre système complet.

## Revendications

### **Revendication 1**

Un système radiofréquence à bas coût constitué de 24 antennes en technologie micro-ruban de type Vivaldi placées dans un support octogone et deux cartes radio logicielle (SDR) qui mesure la différence des phases et amplitudes entre deux ondes électromagnétiques réfléchies par le sein dans une bande fréquentielle 1GHz-5GHz par l'unité de traitement, et transmet ces données via un canal de communication sécurisé, caractérisé en ce que ledit dispositif est composé d'un:

- a) Premier élément une unité Radiofréquence,
- b) Deuxième élément une unité d'acquisition et de traitement des données,
- c) Troisième élément un module de communication.

### **Revendication 2**

Le dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le module de communication qui utilise les systèmes radio-mobiles disponibles envoie, l'état général de la santé du patient, son genre, son âge, la date d'acquisition des données, ainsi que les données: phases et amplitudes pour reconstruire par la suite l'image du sein avec tumeur et renvoyer les résultats de dépistage aux médecins en temps réel.

### **Revendication 3**

Le dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'unité Radiofréquence embarque 24 antennes en technologie micro-ruban placées sur le porte échantillon pour les opérations d'émission et de réception. Placées délicatement pour maximaliser le rayonnement envers le sein à dépister, est doté d'une méthode de mesure de la différence des phases et des amplitudes.

### **Revendication 4**

Le dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le réseau d'antenne est composé de 24 antennes où le plan de masse est symétrique par rapport le patch. Chaque antenne patch rectangulaire est de type Vivaldi de largeur 63,79mm et de longueur 50,22mm et d'épaisseur 1.6mm.

Chaque antenne Vivaldi est réalisée avec un substrat de type FR4 et son alimentation est assurée par une ligne micro-ruban.

### **Revendication 5**

Le réseau d'antennes selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il fonctionne dans une large bande fréquentielle opérable par la carte SDR et qui s'étale de 1GHz à 5GHz.

Le diagramme de rayonnement est directif envers le sein pour maximiser son illumination électromagnétique.

#### **Revendication 6**

Le dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'unité d'acquisition et de traitement des données commande les switches hyperfréquences pour balayer tout le volume du sein.

#### **Revendication 7**

Le dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il n'est pas nocif et non ionisant comme les techniques existantes IRM et les rayons X.

Liste des figures

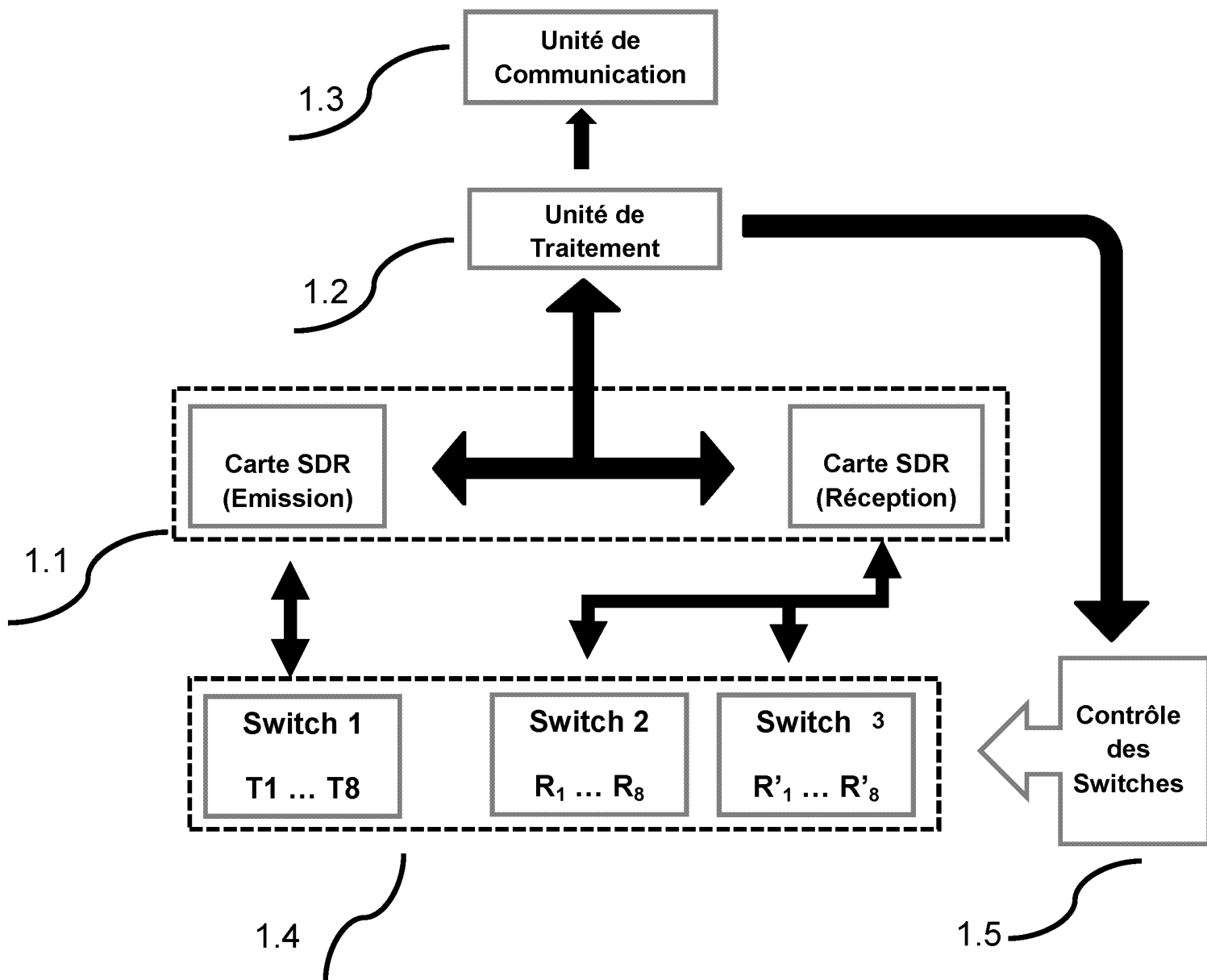


FIG. 1



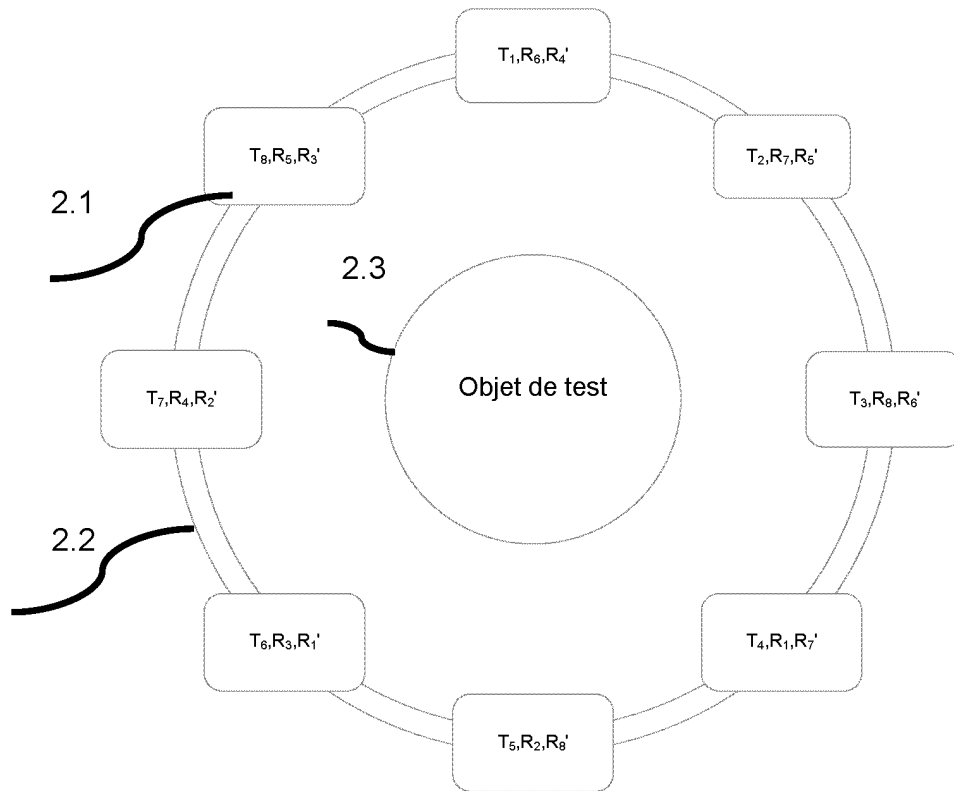


FIG. 2

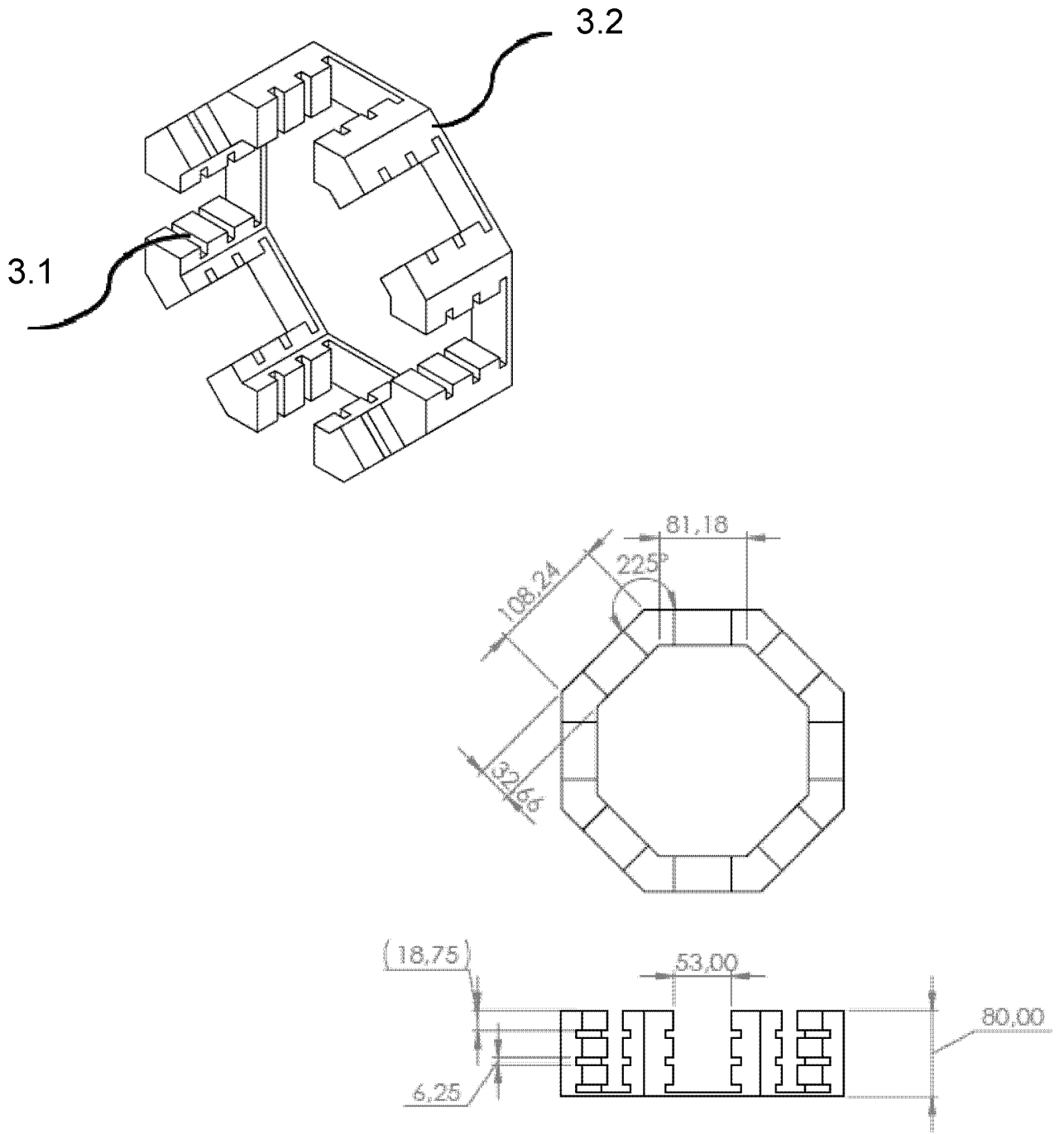


FIG. 3

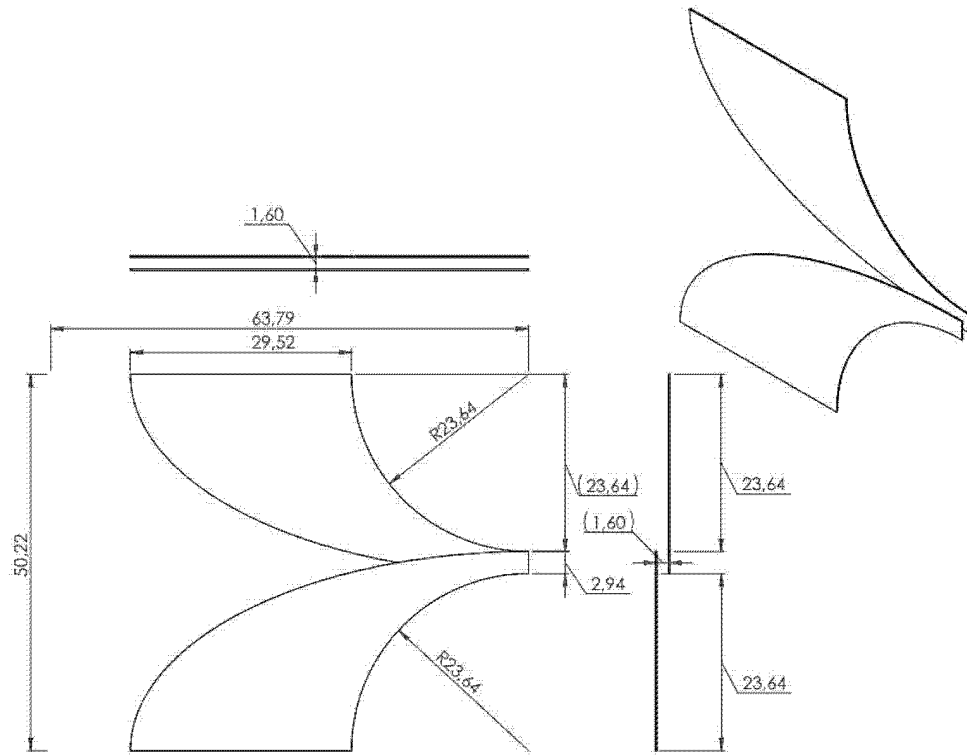
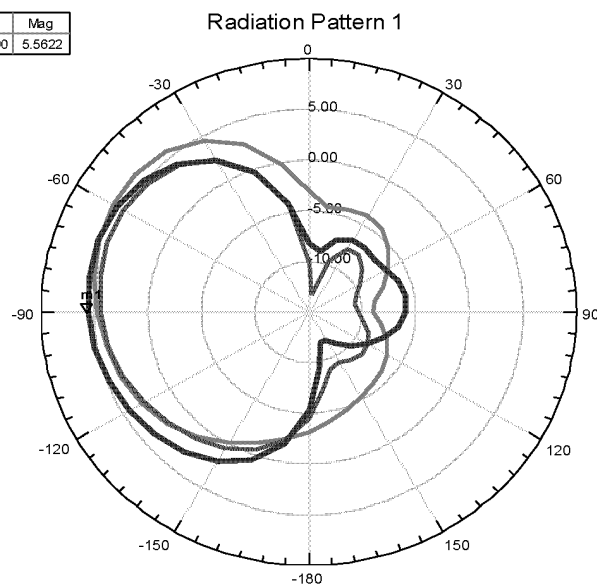


FIG. 4a

Name	Theta	Ang	Mag
m1	-90.0000	-90.0000	5.5622



HFSSDesign1	
Curve Info	
dB(Gain Total)	Setup1 : Sweep
Freq=3.5GHz' Phi=0deg'	
dB(Gain Total)_1	Setup1 : Sweep
Freq=4GHz' Phi=0deg'	
dB(Gain Total)_2	Setup1 : Sweep
Freq=4.5GHz' Phi=0deg'	

FIG. 4b

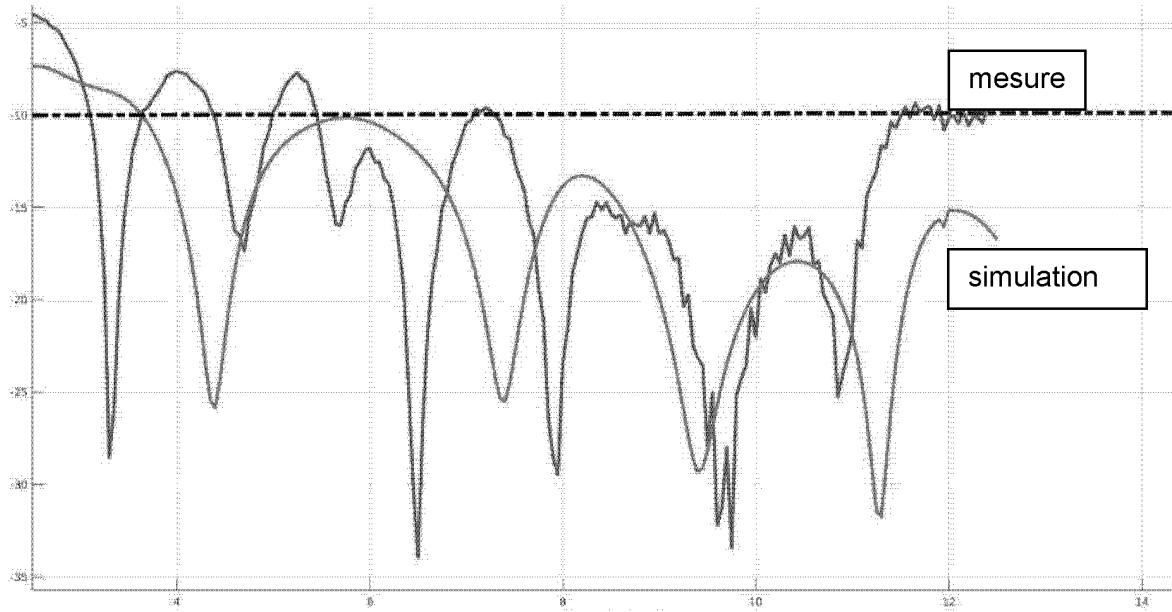


FIG. 4c

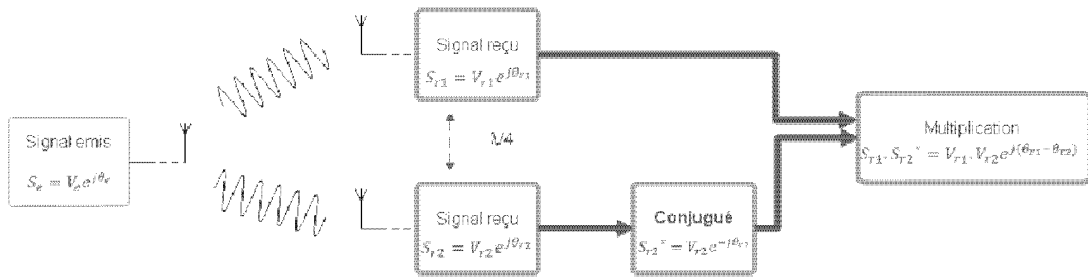


FIG. 5.1

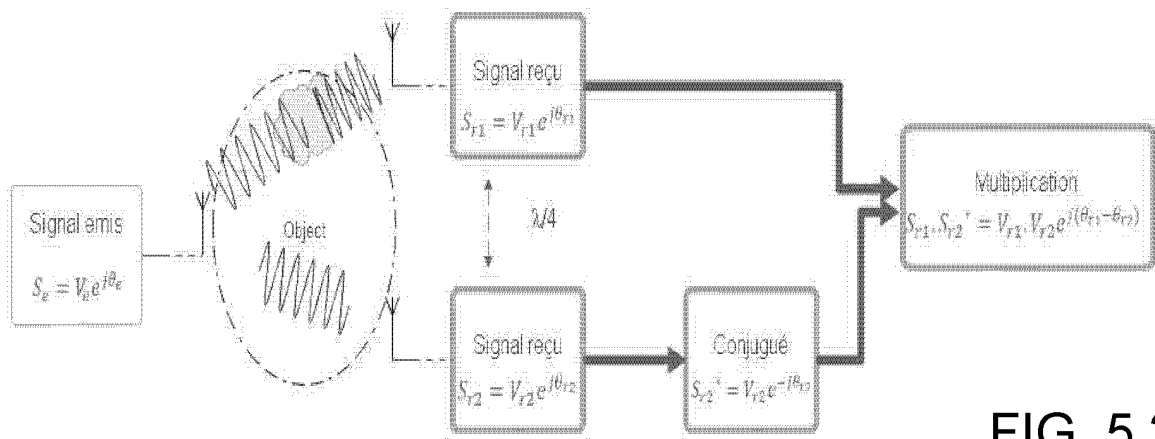


FIG. 5.2

FIG. 5

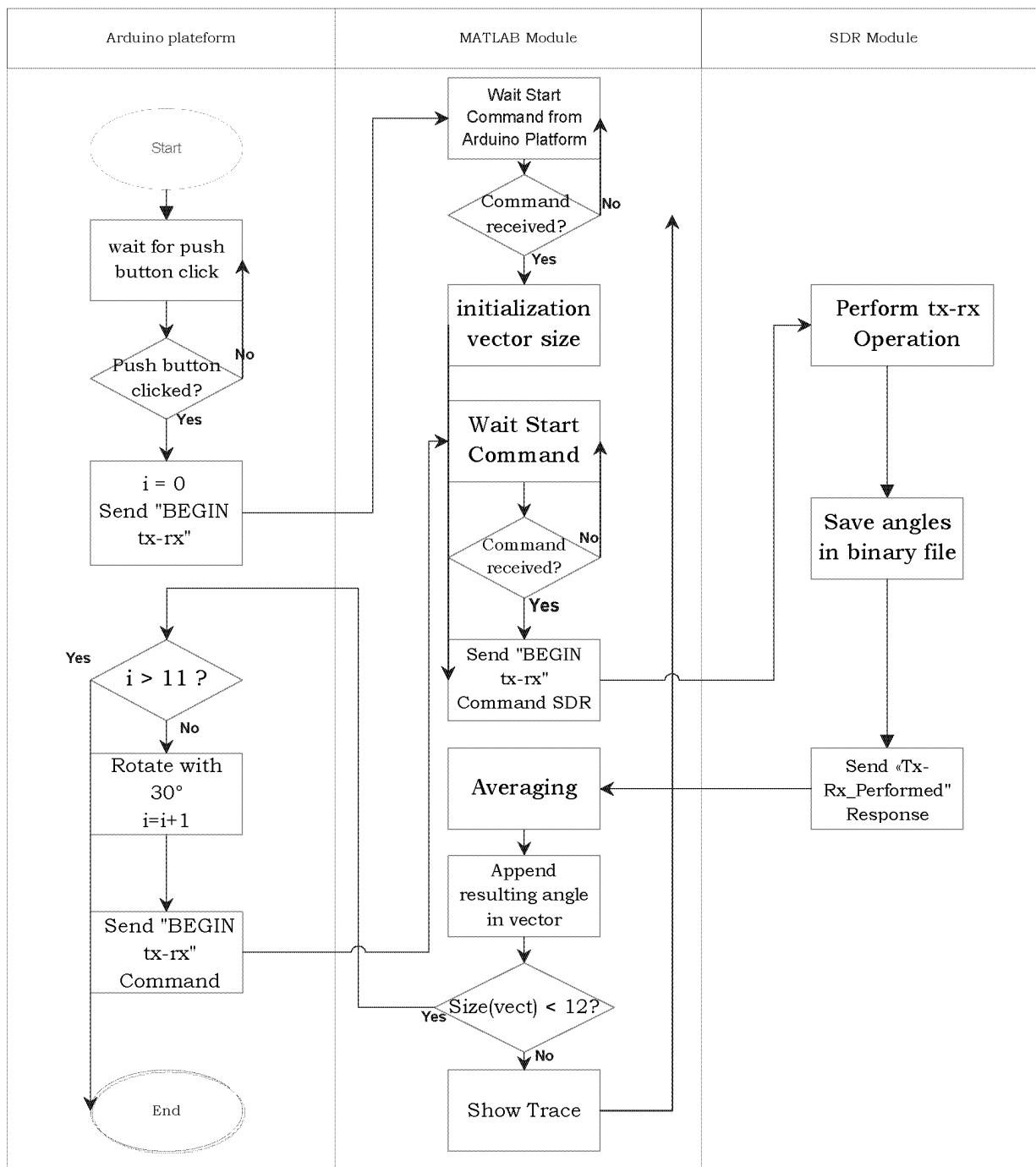


FIG. 6

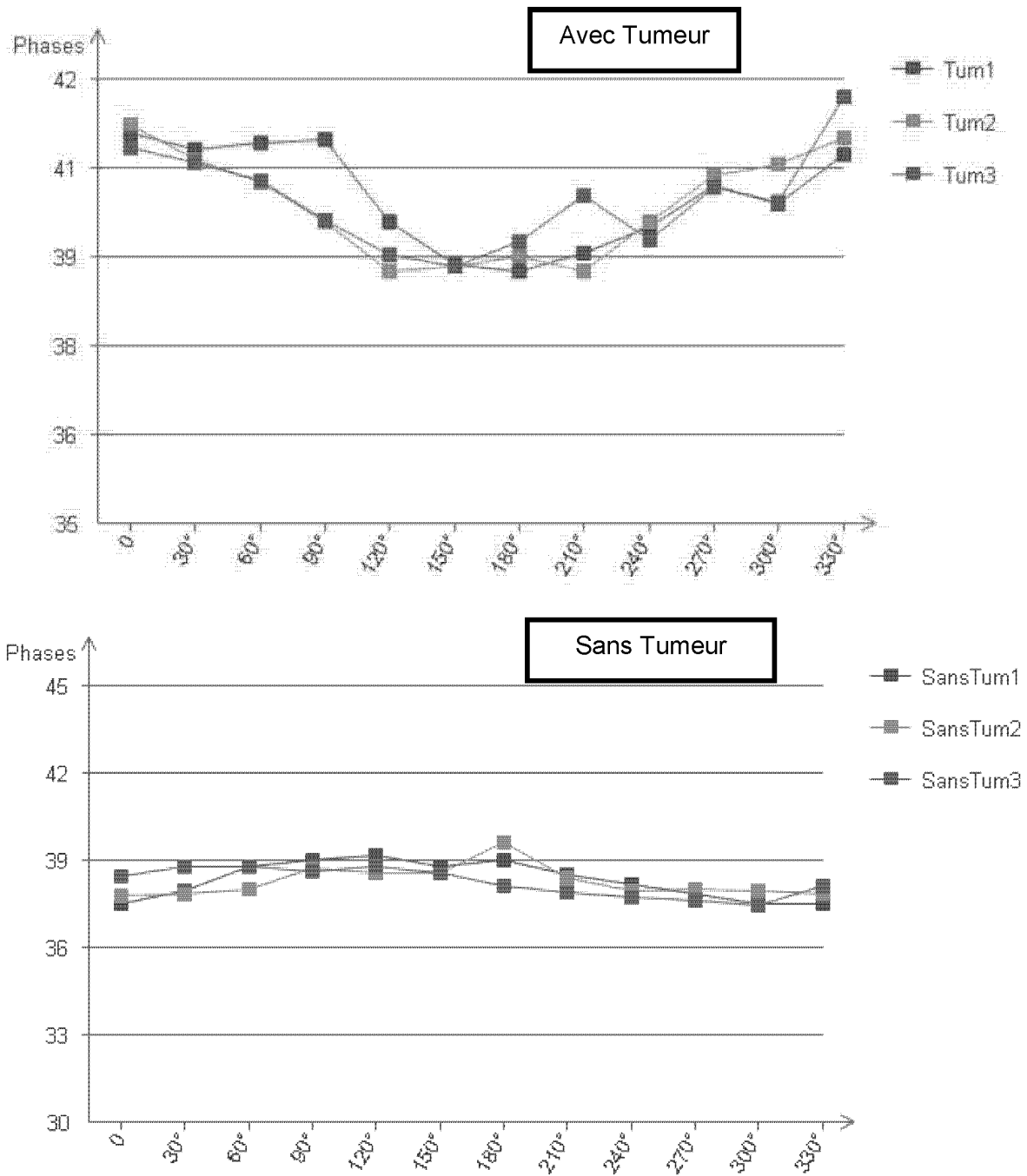


FIG. 7

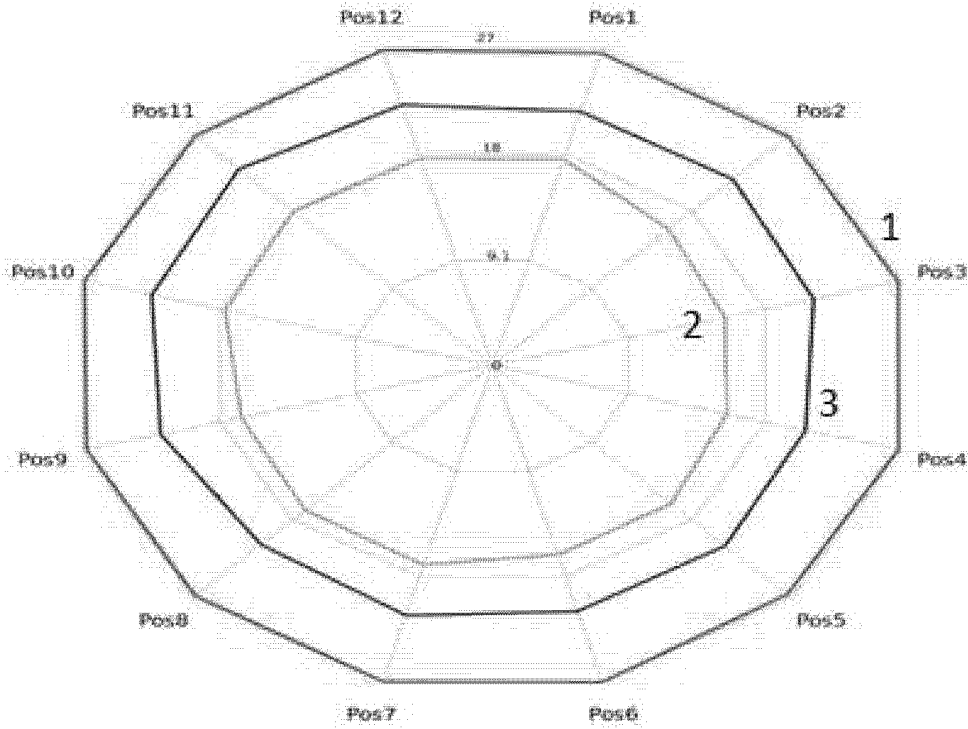


FIG. 8

FIG. 9



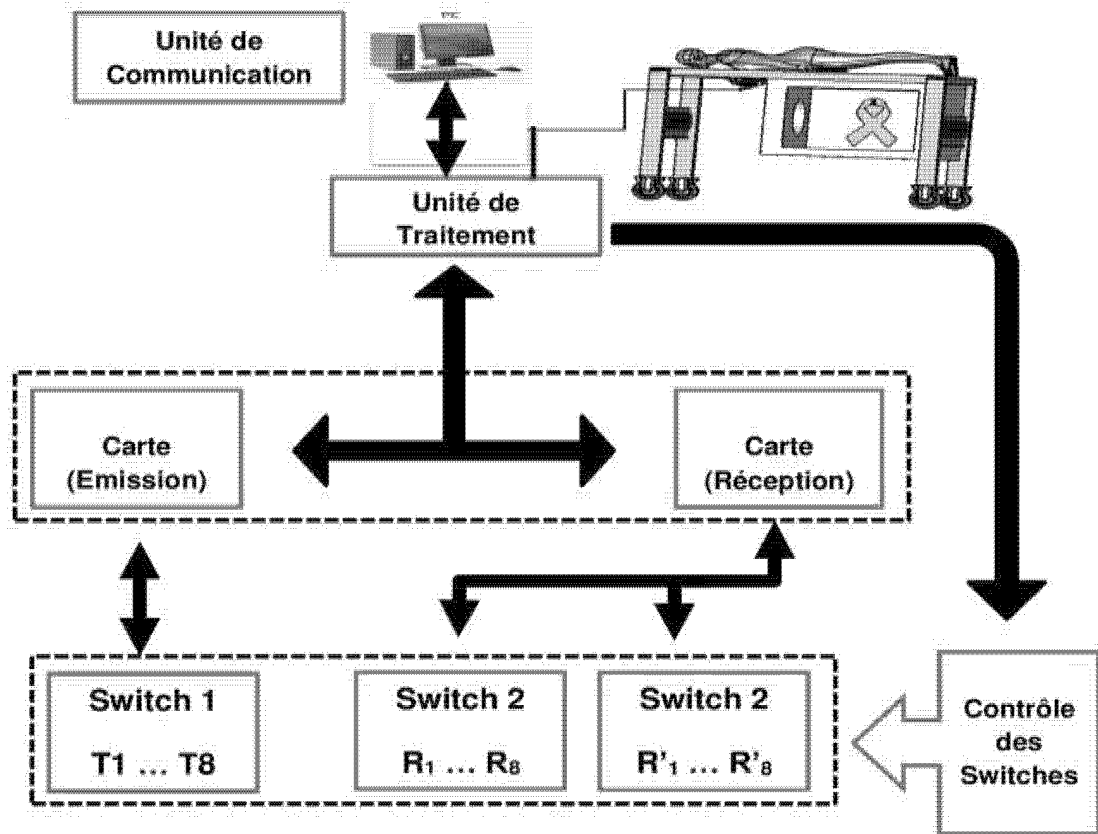


FIG. 9

**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée  
par la loi 23-13)

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 57766	Date de dépôt : 02/09/2022
Déposant : Université Mohammed V - RABAT	
Intitulé de l'invention : Système intelligent pour la Détection du Cancer du Sein par Technique Radiofréquence	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a> , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: BAMI MOHAMMED	Date d'établissement du rapport : 20/03/2023
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

**Partie 1 : Considérations générales****Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
3 Pages
- Revendications  
1-7
- Planches de dessin  
10 Pages

**Partie 2 : Rapport de recherche**

Classement de l'objet de la demande :

CIB : A61B5/00

CPC : A61B5/00

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	KR101052484B1 ; KOREA ELECTRONICS TELECOMM ; 29/07/2011	1-7
A	EP3466321A1 ; MICRIMA LTD ; 10/04/2019	1-7
A	WO2004073618A2 ; UNIV FLORIDA [US]; LI JIAN [US] ; 02/09/2004	1-7

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
 -« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
 -« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
 -« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
 -« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité****Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté	Revendications 1-7 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-7 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-7 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : KR101052484B1

### 1. Nouveauté

Aucun document ne divulgue l'objet des revendications 1-7 qui est donc nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

### 2. Activité inventive

Le document D1 est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 et divulgue :

Un système radiofréquence en technologie micro ruban qui mesure la différence des phases et amplitudes entre deux ondes électromagnétiques réfléchies par le sein dans une bande de fréquence 1Ghz-5Ghz par l'unité de traitement, et transmet ces données via un canal de communication, le système comprend une unité radiofréquence, une unité de traitement de données et un module de communication.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que l'unité radiofréquence comprend 24 antennes type Vivaldi placées dans un support octogone.

Le problème objectif que la présente demande se propose de résoudre peut donc être considéré comme : Fournir une alternative au système de détection des tumeurs de sein.

Aucun document de l'état de la technique ne contient un enseignement ou une suggestion sur la solution proposée.

Par conséquent, l'objet des revendications 1-7 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

### 3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.