



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

**FACULTE: DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE**

MEMOIRE DE MASTER

Réalisé par : SEBA Saadia

OUARDI Nour el houda

DOMAINE : Science et Technologie

FILIERE : Electronique

OPTION : Réseaux de Télécommunications

Thème

**Etude la conception d'une
antenne PIFA double bande pour le téléphone mobile et évaluation de son
SAR céphalique**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr. Chaker saleh	MCB	Encadrant
Mr. Ilyas Rougab	MAA	Co- encadrant
Pr. Kious meshri	Profeseur	Président
Mr.Djallel ben safieedin	MCB	Examineur

Promotion : 2021/2022

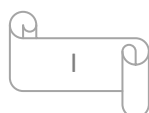
Remerciement

En premier lieu, nous remercions ALLAH, le tout-Puissant pour ses faveurs et ses grâces, de nous avoir donné le courage et la patience durant ce travail

Nos remerciements et nos profondes gratitudees vont à notre encadreur Dr. Chaker Salaeh et Dr. Rougab Ilyas son soutien scientifique et psychique était de valeur et essentiel tout au long de ce mémoire.

Nous remercions les honorables membres du jury pour leur précieux temps accordé à l'étude de notre mémoire.

Adressons également nos remerciements, à tous nos enseignants, durant nos longues années d'études.



Dédicace

*A l'âme de mon père, que Dieu ait pitié de lui, qui a voulu me voir
ce jour là*

*à mon oncle bien-aimé, **Ata Allah***

*qui a toujours été un conseiller honnête après la mort de mon père,
il est comme un père et un professeur*

*À ma chère mère mon bonheur permanent la plus belle créature
que dieu a créé sur terre , A cette tendresse , de patience et de
générosité*

*A ma chère **Fatima** ma force dans la vie qu'elle m'a poussé et elle
ma encourager toujours d'avancer pour le mieux, que Dieu la
protège*

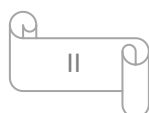
*ma sœur **Bakfita** A le baume de l'âme et de la vie*

*À mes chers frères **Yassin** et **Mohamed Amin** mon bras droit*

*A la joie et aux pousses de la famille , **Abderrahmane** , **Lakder**
,Tahaa ,Ali Oumaima, Hanin ma princesse **Zina***

Inass et mebarka

seba saadia



Dédicace

Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et la volonté ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail :

*A mon très **cher père** en reconnaissance de son amour, encouragement et affection qu'ils m'ont prodigués durant mes études. Que dieu me lui garde.*

*A ma très **chère mère** pour toute sa tendresse et pour ses nombreux sacrifices. Que dieu me la garde.*

*A ma chère sœur : **ISSRA***

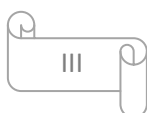
*, et ma cher frère **MOHAMMED***

*A mon binôme: **seba saadia***

*A tous mes ami(e)s surtout , **soumia ,Asma et Hadjer et Halima***

***Aicha, Khadidja ,Rokia**, tous ceux que j'aime, tous ceux qui m'aiment et tous ceux qui me sont chers .Et surtout les étudiants de la promotion de télécom , Et a toutes les personnes qui m'aine.*

Ouardi Nour el houda

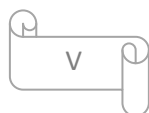


Liste d'abréviation

S11	Adaptation d' antenne
dB	Décibels
GHz	Gigahertz
Ws	Largeur de substrat
Hfss	High Frequency Structure Simulator
PIFA	(Planar Inverted F Antenna)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
Q	Facteur de qualité
RF	Radio Frequency
IFA	Antenne inversé-F
GSM	Global System for Mobile communications
DCS	Digital Communication System
SAR	specific absorption rate
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

Sommaire

Remerciements	i
Dédicace.....	ii
Liste d'abréviation.....	iv
Sommaire.....	v
Liste des Figures	viii
Liste des tableaux	x
Résumé.....	xi
Introduction générale	1
 Chapitre I : Généralités sur les antennes PIFA	
I.1 Introduction.....	4
I.2 Antenne PIFA.....	4
I.3 Géométrie d'une antenne PIFA.....	5
I.4Caractéristiques radioélectriques d'antenne PIFA.....	6
I.4.1 Distribution du courant.....	6
I.4.2 Distribution de champ électrique.....	6
I.4.3 Techniques d' augmenter la bande passante pour PIFA.....	7
I.5 Les différents types d'antennes PIFA.....	7
I.5.1 Les antennes PIFA bi-bandes.....	8
I.5.2 Avantages et inconvénients.....	8
I.6 Les antennes PIFA multi-bande.....	9
I.6.1Les techniques de conception d'antennes multi-bandes.....	9
I.6.2 Avantages et inconvénient.....	9
I.7 Différents types d'antenne IFA.....	10
I.7.1 IFA filaire.....	11
I.7.2 IFA Intégrée.....	11
I.7.3 IFA planaire.....	12
I.8 Domaines d'applications.....	13
I.8.1 Téléphonie mobile.....	13



Sommaire

I.8.2 Les Réseaux De Téléphonie Sans Fil.....	14
I.8.2.1 La deuxième génération (2G).....	14
I.8.2.2 Le GSM.....	14
I.9 Conclusion	15
Chapitre II : Specific Absorption Rat(SAR)	
II.1 Introduction	17
II.2 Débit d'absorption spécifique.....	17
II.2.1 Définition.....	17
II.3 Valeurs de SAR mesurées	19
II.3.1 Mesures réalisées par l'ANFR entre 2012 et 2016.....	19
II.3.2 Les tests SAR dans les laboratoires Sicom Testing.....	21
II.4 les différents types de SAR.....	21
II.5 Valeurs limites d'exposition réglementaires.....	23
II.5.1 les limites réglementaires de SAR tous les pays.....	23
II.5.1 les valeurs limites pour le SAR	24
II.6 le taux de rayonnement (SAR) de votre GSM.....	24
II.6.1 connaître le SAR de son smart phone.....	25
II.7. Effets de l'absorption spécifique sur la santé humaine.....	26
II.7.1 Le téléphone portable et ses effets sur la santé.....	26
II.8 Conclusion	27
Chapitre III : Conception de l'antenne PIFA double bande et évaluation de son SAR	
III.1 Introduction	29
III.2 Présentation de logiciel de simulation.....	29
III.3 Conception de l'Antenne.....	31
III.3.1 Description de la structure	31
III.3.2 Résultats de simulations.....	32
III.3.2.1 Coefficient de réflexion	32
III.3.2.2 Le rapport d'onde stationnaire (VSWR).....	33
III.3.2.3 Le Gain.....	33
III.3.2.4 Diagramme de rayonnement.....	35
III.3.2.5 Distribution des courants.....	35
III.3.2.6 Impédance d'entree.....	37

Sommaire

III.3.3 L'influence de la languette de court-circuit.....	37
III.4 Evaluation de SAR	39
III.4.1 Modélisation d'une tête humaine.....	39
III.4.2 La position du téléphone par rapport à visage à distance 8cm à la fréquence 1.8GHz.....	41
III.4.3 La position du téléphone par rapport à visage à distance 8cm à la fréquence 0.9 GHz.....	42
III.4.4 La position du téléphone par rapport à visage à distance 15 cm à la fréquence 1.8 GHz	43
III.4.5 La position du téléphone par rapport à visage à distance 15 cm à la fréquence 0.9 GHz.....	44
III.5 La position du téléphone par rapport à l'oreille à distance 4mm à la fréquence 1.8 GHz.....	47
III.5.1. La position du téléphone par rapport à l'oreille à distance 4mm à la fréquence 0.9 GHz.....	48
III.5.2 La position du téléphone par rapport à l'oreille à distance 30mm à la fréquence 1.8 GHz.....	49
III.5.3 La position du téléphone par rapport à l'oreille à distance 30mm à la fréquence 0.9 GHz.....	50
III.6 . Conclusion.....	53
Conclusion générale	54

Liste des Figures

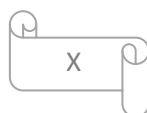
Figure I.1 : Exemples d'antennes PIFA présentes dans des téléphones portables.....	5
Figure I.2 : Géométrie d'une antenne PIFA.....	6
Figure I.3 : Distribution de champ électrique.....	7
Figure I.4 : antenne PIFA bi-bandes.....	8
Figure I.5 : antenne PIFA multi bande	9
Figure I .6 : Antenne de type IFA.....	11
Figure I.7 : Structure de l'antenne IFA filaire.....	12
Figure I.8 : Structure de l'antenne IFA Intégrée.....	12
Figure I.9 : Structure de l'antenne IFA planaire.....	13
Figure I .10 : Développement d'antenne PIFA.....	13
Figure II.1 : calcul de Sar.....	19
Figure II.2 : la distribution (minimum, 1er quartile, médiane, 3ème quartile ,maximum) et moyenne (x) des valeurs du SAR local.....	20
Figure II.3 : Nombre de téléphones mobiles par valeurs de SAR mesurées au contact par l'ANFR (année des mesures) et nombre total de téléphones testés par année (N).....	20
Figure II.5 : Les tests SAR dans les laboratoires Sicom	21
Figure II.6 : répartition des valeurs du SAR en fonction des parties du corps.....	22
Figure II.7 : SAR de son smartphone.....	26
Figure III.1 : L'interface de conception de la logiciels HFSS.	30
Figure III.2 : composant de la bibliothèque de ANSY.....	30
Figure III.3 : l'antenne avec ses dimensions.....	31
Figure III.4 : Coefficient de réflexion de l'antenne PIFA.....	32
Figure III.5 : VSWR de l' antenne PIFA simulée.....	33
Figure III.6 :Gain total de l'antenne.....	34
Figure III .7 : Gain total de l'antenne 1.8GHz.....	34
Figure III .8 : Diagramme de rayonnement dans le plan E et H.....	35
Figure III.9 : Densité surfacique de courant dans le plan de masse (droite) et l'antenne (gauche)	36
Figure III.10 : Impedance d'entree de l'antenne PIFA double bande	37
Figure III.11 : court circuit et circuit ouvert.....	38
Figure III.13 : Modèle de tête humain.....	39
Figure III .14 : Organigramme de simulaion.....	40

Figure III.15 Distribution SAR de la tête humaine à 1.8 GHz	41
Figure III.16 : Distribution SAR de la tête humaine à 0.9 GHz.....	42
Figure III.17 : Distribution SAR de la tête humaine à 1.8 GHz.....	43
Figure III.18 : Distribution SAR de la tête humaine à 0.9 GHz.....	44
Figure III .19 : organigramme de simulaion de position 2.....	46
Figure III.20 Distribution SAR de la tête humain à 1.8 GHz.....	47
Figure III.21 : Distribution SAR de la tête humaine à 0.9 GHz.....	48
Figure III.22 : Distribution SAR de la tête humaine à 1.8 GHz.....	49
Figure III.23 :Distribution SAR de la tête humaine à 0.9 GHz.....	50

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Avantages et inconvénients d'une antenne PIFA bi bande.....	8
Tableau I.2. : Avantages et inconvénients d'une antenne PIFA multi-bande.....	10
Tableau II .1 : les limites réglementaires de SAR sont-elles les mêmes dans tous les pays...	23
Tableau II.2 :Comparatifdes SAR des téléphones portables.....	25
Tableau III.1 : Paramètres géométrique de l'antenne PIFA optimise.....	32
Tableau III.2 : Résultats de simulation.....	38
Tableau III . 3 : Comparaison du modèle de tête humaine pour l'analyse SAR.....	45
Tableau III.4 : Comparaison du modèle de tête humaine pour l'analyse SAR.....	51



ملخص : نظرا لتوسع الغير محدود الحاصل في استخدام اجهزة الاتصالات الاسلكية المحمولةتوزيادة تعرض الناس الى الاشعاعات الراديوية المنبعثة منها والذي بدوره يثير التساؤلات حول احتمال حدوث تاثيرات صحية لهذه الاشعاعات وبالرغم من كون الهواتف النقالة اجهزة ارسال واستقبال الا انها تستخدم بالقرب من راس الانسان. تهدف هذه الاطروحة لدراسة القيمة القصوى لمعدل الامتصاص النوعي لرأس الإنسان عند استخدام هوائي PIFA ، ثم عرض نتائج محاكاة هوائي PIFA بالقرب من رأس الإنسان واستكشاف تأثير المتغيرات التالية (المسافة بين الرأس والهاتف عند 8 سم و 4 سم و 15 ملم و 30 ملم) وتأثير التردد (0.9 جيجا هرتز ، 1.8 جيجا هرتز) ومقارنتها مع ضوابط ومحددات الامان باستخدام برنامج ANSYS HFSS . أظهرت النتائج أنه كلما كانت المسافة بين الهاتف المحمول ورأس الإنسان أصغر ، كلما زاد تأثير قيم معدل الامتصاص النوعي ، وكلما زادت المسافة ، قل تأثير معدل الامتصاص النوعي. كانت نتائج المحاكاة جيدة مقارنة بالقيمة الحدتي (2w/kg) التي حددتها اللجنة الدولية IEEE

كلمات مفتاحية: هوائي مستوي مقلوب , ANSYS HFSS , معدل الامتصاص النوعي.

Résumé : En raison de l'expansion illimitée de l'utilisation d'appareils de communication sans fil portables et de l'exposition accrue des personnes aux rayonnements radio qu'ils émettent, ce qui soulève à son tour des questions sur la possibilité d'effets sanitaires de ces rayonnements, et malgré le fait que les téléphones mobiles transmettent et récepteurs, ils sont utilisés près de la tête humaine. Ce mémoire vise à étudier la valeur SAR maximale de la tête humaine lors de l'utilisation de l'antenne PIFA, puis à présenter les résultats de la simulation de l'antenne PIFA à proximité de la tête humaine. Et explorez l'effet les facteurs suivantes (la distance entre la tête et le téléphone à 8 cm, 4 cm, 15 mm et 30 mm) et l'effet de la fréquence (0,9 GHz, 1,8 GHz) et comparez-les avec les contrôles de sécurité et paramètres à l'aide du logiciel ANSYS HFSS.

Les résultats obtenus montrent que plus la distance entre le téléphone portable et la tête humaine est petite, plus l'effet des valeurs de SAR est important, et plus la distance est grande, plus l'effet du DAS est faible. Les résultats de simulation étaient bons par rapport à la valeur limite (2W/Kg) fixé par le Comité International IEEE.

Mots-clés : SAR , l'antenne PIFA , ANSYS HFSS, IEEE

Abstract: Due to the unlimited expansion in the use of portable wireless communication devices and the increased exposure of people to radio radiation emitted from them, which in turn raises questions about the possibility of health effects of these radiations, and despite the fact that mobile phones are transmitting and receiving devices, they are used near the human head. This aims of the study the maximum SAR value of the human head when using the PIFA antenna, and then present the results of the simulation of the PIFA antenna near the human head. And explore the effect of the following variables (the distance between the head

and the phone at 8 cm, 4 cm, 15 mm and 30 mm) and the effect of frequency (0.9 GHz, 1.8 GHz) and compared them with the safety controls and parameters using ANSYS HFSS software.

The results obtained show that the smaller the distance between the mobile phone and the human head, the greater the effect of SAR values, and the greater the distance, the lower the effect of SAR. The simulation results were good compared to the limit value (2W/Kg) set by the International Committee IEEE

Keywords : SAR , ANSYS HFSS software. IEEE, antenne planaire à F inversé

Introduction générale

Dans les systèmes de communication sans fil, l'antenne est l'un des composants les plus importants, la conception d'antennes de petite taille, à faible coût et capable de fonctionner dans plusieurs réseaux de smartphones est généralement un défi. L'antenne planaire inversée F (PIFA) est devenue l'antenne la plus populaire pour les téléphones mobiles, car elle présente de nombreux avantages exceptionnels tels qu'une structure compacte, une intégration avec d'autres composants du téléphone, de bonnes performances électriques, un bon rayonnement propriétés et gains une valeur SAR élevée, faible.

Le SAR, abréviation de Débit d'Absorption Spécifique, est défini comme la quantité d'énergie électromagnétique absorbée par les tissus biologiques (le corps humain) par unité de masse et se mesure en W/kg. Il s'agit de la partie de l'énergie transmise par les ondes électromagnétiques du Antenne PIVA

La quantité d'énergie étendue qui est transmise et absorbée dans les tissus de la tête humaine dépend de la fréquence de la source d'énergie, de la distance de l'antenne, de la polarisation du champ et de la forme et de la taille de la tête humaine.

pour protéger les humains des effets biologiques potentiels dus à l'exposition aux radiofréquences (RF) d'une antenne de téléphone mobile. La norme IEEE décrit la méthodologie de mesure, qui se base notamment sur la valeur limite clé du SAR de 2 W/kg.

notre étude modélise la distribution du débit d'absorption spécifique (SAR) dans la tête humaine, exposée au champ électromagnétique émis par un téléphone portable fonctionnant en GSM pour évaluer la valeur du SAR vers la tête humaine lors du fonctionnement du téléphone mobile.

Le manuscrit après l'introduction générale est organisé comme suit :

dans le premier chapitre, nous allons commencer par présenter quelques

notions sur les antennes PIFA double bandes (Planar Inverted F Antenna). les types d'antennes utilisées dans le système de Communication GSM leurs avantage et inconvénients

dans le deuxième chapitre est de fournir un bref aperçu du SAR ainsi que des mesures de densité d'énergie, des normes et des limites de la réglementation.

Introduction générale

le chapitre 3 est consacré à la conception d'antenne PIFA double bande pour les applications GSM à la fréquence de 0.9 GHz et 1.8 GHz , on utilise le logiciel HFSS, après la conception de cette antenne , on distingue deux cas d'utilisation différents le premier cas, le téléphone est en face du visage à une distance , le deuxième cas le téléphone est en face de l'oreille, pour les deux cas on calcule la valeur de SAR (Specific Absorption Rate) et compare les résultats évalués avec les recommandations internationales disponibles comme la valeur mesurée par IEEE..



Chapitre I

*Généralités sur les
antennes PIFA*

I.1 Introduction

Les antennes sont des dispositifs utilisés pour assurer la transition entre un guide d'onde et l'espace libre dans lequel ces ondes vont se propager, ou inversement. Il existe de plusieurs types d'antennes. Il est important d'avoir une connaissance globale de leur fonctionnement lors du choix d'un dispositif rayonnant. La compréhension de ce fonctionnement aidera, d'une part à utiliser l'antenne au mieux de ses performances et d'autre part, à en réaliser une conception optimale.

Ce chapitre présente quelques notions de base sur les antennes PIFA double-bandes (Planar Inverted F Antenna). On commencera par ce type d'antenne, puis les détails des antennes PIFA seront exposés.

Les antennes PIFA (Planar Inverted F Antenna) sont aujourd'hui les plus utilisées dans la téléphonie mobile, grâce à leur structure simple et flexible, leur volume réduit, leur faible coût de fabrication, leur facilité d'intégration, ainsi que leurs taux SAR réduits.

I.2 Antenne PIFA

Depuis plus d'un demi-siècle, de nombreuses études ont montré un grand intérêt pour trouver des solutions pour réduire les dimensions des antennes sans compromettre leurs performances et avec la révolution technologique de nouveaux types d'antennes miniatures sont apparus qui répondent aux performances requises telles que l'antenne à ouverture, l'antenne planaire F inversée. Les antennes PIFA sont, pour les applications mobiles, un bon compromis entre les exigences de la miniaturisation, l'ergonomie, la compacité, le faible coût, la multi ou large bande et surtout les bonnes performances[1].

Une antenne F inversée est un type d'antenne utilisé dans les communications sans fil. Elle se compose d'une antenne unipolaire parallèle à un plan de masse et mise à la terre à une extrémité. L'antenne est alimentée à partir d'un point intermédiaire à une distance de l'extrémité mise à la terre. La conception présente deux avantages par rapport à un monopôle simple: l'antenne est plus courte et plus compacte, et l'adaptation d'impédance peut être contrôlée par le concepteur sans avoir besoin de composants correspondants étrangers.

L'antenne F inversée a été conçue pour la première fois dans les années 1950 comme une antenne à fil plié. Cependant, son utilisation la plus répandue est comme antenne planaire à F inversé (PIFA) dans les appareils mobiles sans fil pour ses propriétés d'économie d'espace.

Les PIFA peuvent être imprimés en utilisant le format microruban, une technologie largement utilisée qui permet de fabriquer des composants RF imprimés dans le cadre de la même carte de circuit imprimé utilisée pour monter d'autres composants[2].

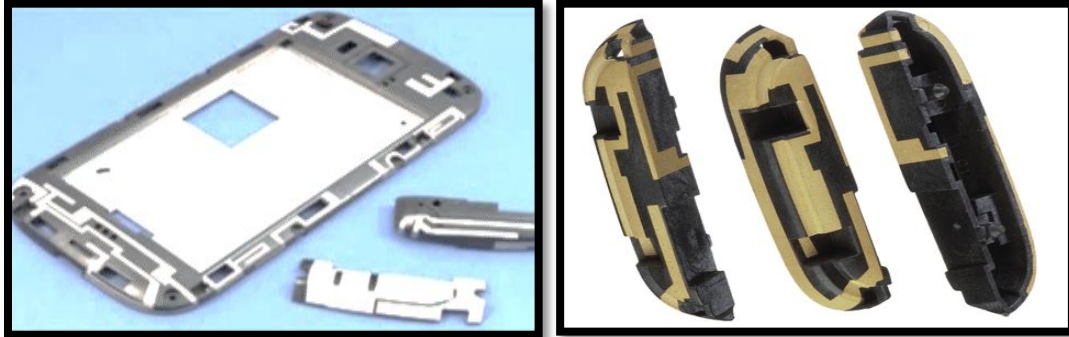


Figure I.1. Exemples d'antennes PIFA présentes dans des téléphones portables[14].

I.3 Géométrie d'une antenne PIFA

Ces dernières années plusieurs formes d'antennes imprimées ont été développées dans différentes applications telles que les antennes PIFA qui répondent à l'exigence des fabricants de téléphone mobile dans le sens d'antenne intégrée.

Les antennes PIFA (Planar Inverted-F Antenna) sont des structures potentielles pour les systèmes multi-antennaires. Les auteurs montrent la distribution de courant, la fréquence de résonance, et la bande passante en fonction de géométrie d'une PIFA montée sur un plan de masse infini, réduire la largeur du court-circuit (W) influence la longueur des lignes de courants surfaciques et leur direction sur l'élément rectangulaire. Ceci a pour effet d'augmenter la longueur électrique effective de l'antenne et donc de diminuer la fréquence de résonance. Nous pouvons ainsi, en réduisant W , opérer une réduction supplémentaire des dimensions. Le rapport $L1/L2$ joue aussi sur la longueur électrique effective de l'antenne. Suivant ces deux paramètres (W et $L1/L2$), les lignes de courant peuvent passer d'une direction X à une direction Y , ce qui conduit à des polarisations d'ondes orthogonales, en passant par des états où la composante croisée est importante. Il est à noter qu'en réduisant W ou $L1/L2$, la bande passante diminue. Un compromis est donc à trouver entre la réduction de dimensions et la largeur de bande passante[3].

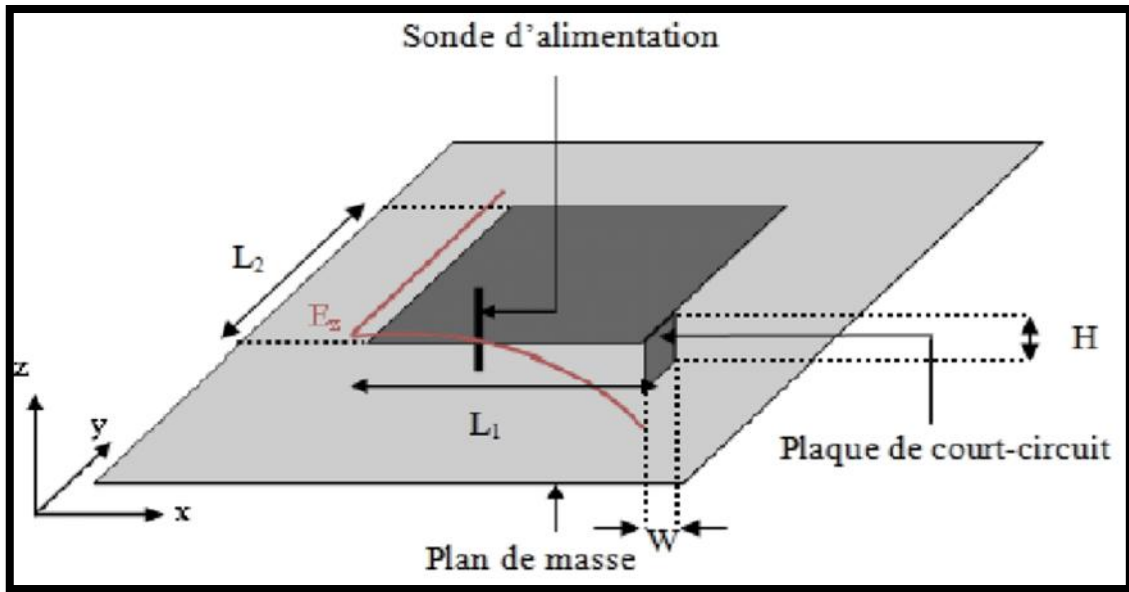


Figure I.2. Géométrie d'une antenne PIFA[4].

I.4 Caractéristiques radioélectriques d'antenne PIFA

I.4.1 Distribution du courant

PIFA a des flux de courant très importants sur la surface inférieure de l'élément planaire et le plan de masse par rapport au champ sur la surface supérieure de l'élément. Les ondes de surface du sol peuvent produire des rayonnements parasites ou de l'énergie de couple au niveau des discontinuités, entraînant des distorsions dans le schéma principal ou une perte de puissance indésirable.

I.4.2 Distribution de champ électrique

La composante dominante du champ électrique E_z est nulle sur la carte de court-circuit tandis que l'intensité du champ au bord opposé de l'élément planaire est remarquablement grande. Les champs E_x et E_y à l'élément pointue, qui correspond à la source d'alimentation. Signifie que la ligne électrique de la force est dirigée de la source d'alimentation vers le plan de masse. Quand la largeur du plat de court-circuit est plus étroite que l'élément planaire, le début de champ électrique E_x et E_y se produisant à tous les bords de l'élément planaire. Ces champs marginaux sont les sources de rayonnement dans PIFA[5].

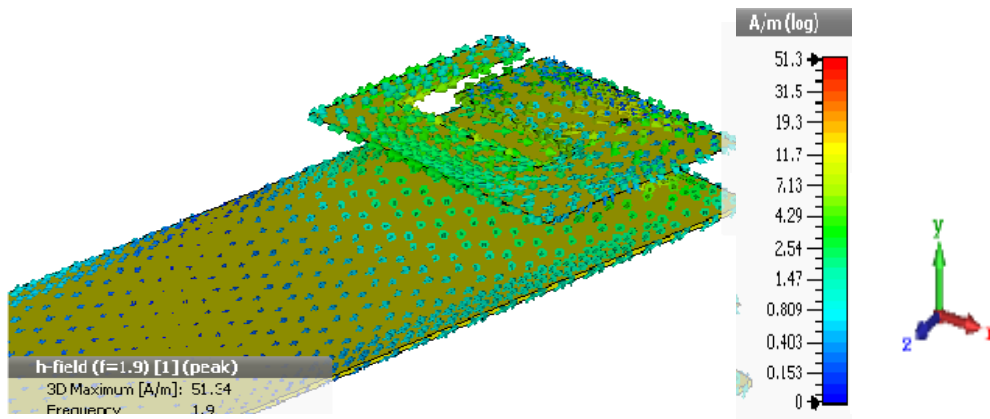


Figure I.3. Distribution de champ électrique[15].

I.4.3 Techniques d'augmenter la bande passante pour PIFA

La bande passante est très affectée par la taille du plan de masse. En faisant varier la taille du terrain avion, la bande passante d'un PIFA peut être ajustée. Par exemple, réduire le plan de masse peut effectivement élargir la bande passante du système d'antenne. Pour réduire le facteur de qualité du structure (et pour augmenter la bande passante), peut être inséré plusieurs fentes sur les bords du plan de masse.

- ✚ Utilisation d'un substrat d'air épais pour abaisser le Q et augmenter la bande passante.
- ✚ Utilisation de résonateurs parasites avec des longueurs de résonance proches de la fréquence de résonance principale.
- ✚ Réglage de l'emplacement et de l'espacement entre deux poteaux de court-circuit.
- ✚ Excitation de plusieurs modes conçus pour être rapprochés ou éloignés selon les besoins.
- ✚ L'utilisation d'éléments empilés augmentera la bande passante[5].

I.5 Les différents types d'antennes PIFA

Le type d'antenne PIFA fait référence à la fréquence de résonance à laquelle elle fonctionne, nous pouvons en trouver plusieurs types qui fonctionnent sur une, voire deux ou plusieurs bandes, nous mentionnons ces deux :

I.5.1 Les antennes PIFA bi-bandes

C'est une antenne qui assure un bon fonctionnement au coin de plan de masse. Elles sont mise en œuvre dans le but de satisfaire l'utilisateur qui demande une combinaison d'application sur le même appareil

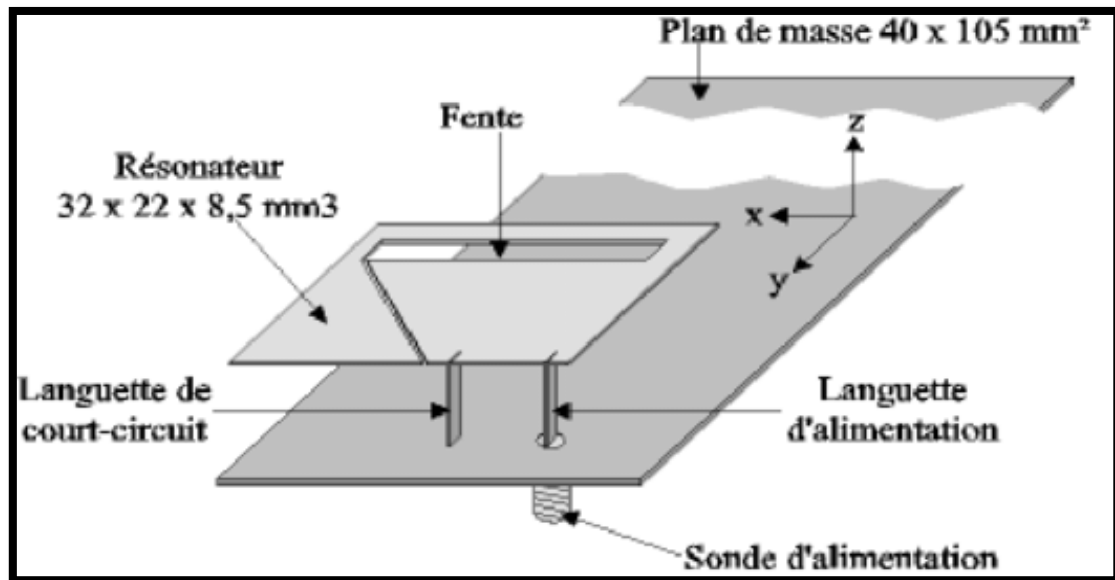


Figure.4. antenne PIFA bi-bandes[16].

I.5.2 Avantages et inconvénients

Les avantages ainsi que les inconvénients de l'utilisation du concept d'antennes PIFA avec les techniques d'obtention du comportement large bande sont donnée.

Avantages	Inconvénients
-Conception relativement facile	-Adaptation d'impédance souvent
-Moins sensible aux erreurs de fabrication	-délicate dans toute la largeur de la bande
-L'antenne peut être également utilisée pour d'autres applications contenues dans la bi-bande	-Post traitement nécessaire pour séparer les bandes
-Couverte	-Bi- bande limitée
	-Faible directivité

Tableau I.1. Avantages et inconvénients d'une antenne PIFA bi bande[6] .

I.6 Les antennes PIFA multi-bande

C'est une antenne qui fonctionne dans deux ou plusieurs bandes de fréquence, qui se traduit par une adaptation de l'antenne pour toutes les fréquences.. Cette adaptation est appelée coefficient de réflexion ou taux de réflexion constant à l'entrée d'antenne sans valeur fixe Plusieurs



Figure I.5. antenne PIFA multi bande [7].

I.6.1 Les techniques de conception d'antennes multi-bandes

sont proposées dans la littérature. Parmi les plus populaires, on peut citer :

- ✚ l'insertion de fentes dans l'élément rayonnant.
- ✚ l'utilisation de résonateurs parasites .
- ✚ l'utilisation de résonateur diélectrique.
- ✚ la combinaison de deux ou plusieurs de ces techniques.

I. 6.2 Avantages et inconvénient

Les avantages ainsi que les inconvénients de l'utilisation du concept d'antennes PIFA avec les techniques d'obtention du comportement multi-bande pour l'obtention d'antenne multi-bande

Avantage.	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -forte sélectivité. -Porte de traitement simplifier. -Profils simples. -Miniature (compacte). 	<ul style="list-style-type: none"> Manque de règle de conception ou dimensionnement pour l'aspect multi bande. -Faible bandes passantes. -Fabrication relativement difficile et coûteuse. -Polarisation des ondes et rayonnement difficilement maitrisables. -faible maitrise des rapports de fréquence de fonctionnement. -nombre de bande à couvrir limité. -plus sensible aux erreurs de fabrication.

Tableau I.2. Avantages et inconvénients d'une antenne PIFA multi-bande[6].

I.7 Différents types d'antenne IFA

Depuis quelques années, le marché de la téléphonie mobile s'est considérablement développé, avec une tendance qui est de réduire nettement la taille et le poids du terminal. Cette réduction remarquable a entraîné une évolution rapide des antennes pour ces téléphones [8].

Les antennes F inversée (IFA) possèdent un faible volume, sont de faible poids et sont facile à intégrer dans les appareils de communication personnelles. Elles présentent aussi des performances de polarisation croisée, résultant en une augmentation de la probabilité de l'annulation des signaux dus au fading multi-trajet. Il existe trois types d'antennes F inversée : l'IFA filaire conventionnelle, l'IFA Planaire et l'IFA Intégrées.

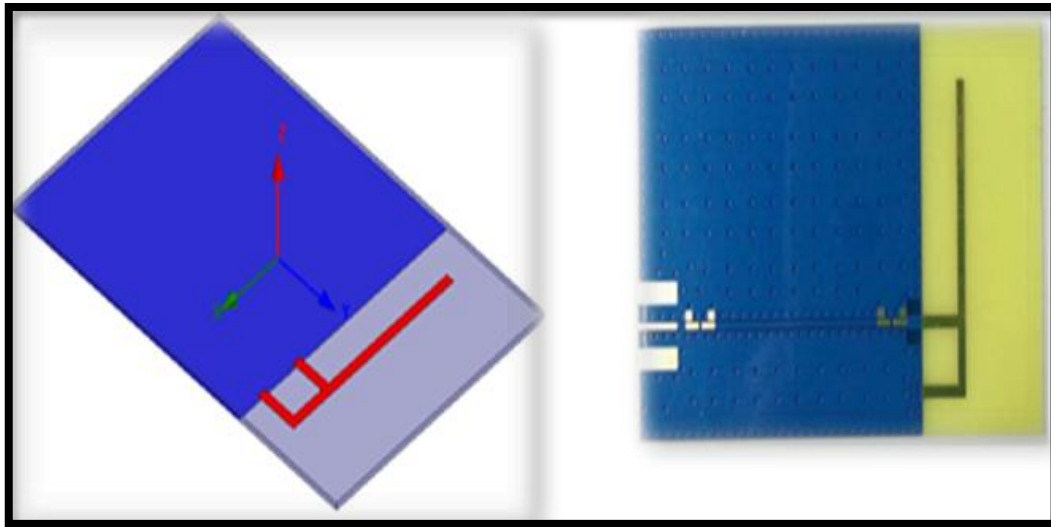


Figure I.6. Antenne de type IFA [9].

I.7.1 IFA filaire

L'IFA à élément filaire conventionnelles a initialement évolué à partir de l'antenne L rempliée, avec une liberté additionnelle d'étaler l'entrée à travers le fil horizontal pour obtenir un certain contrôle de l'impédance d'entrée .

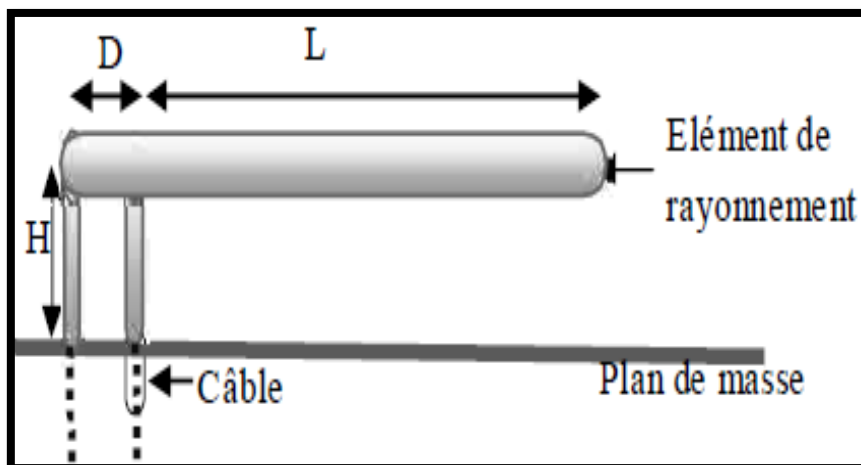


Figure I.7. Structure de l'antenne IFA filaire[10].

I.7.2 IFA Intégrée

Avec la demande en portables multistandards et avec des débits de transmission de plus en plus élevés, l'intégration d'antennes multiples est devenue un besoin. Différent

antennes peuvent être utilisées pour différents systèmes comme, pour le moment, la PIFA pour les communications mobiles et IFA pour les GPS.

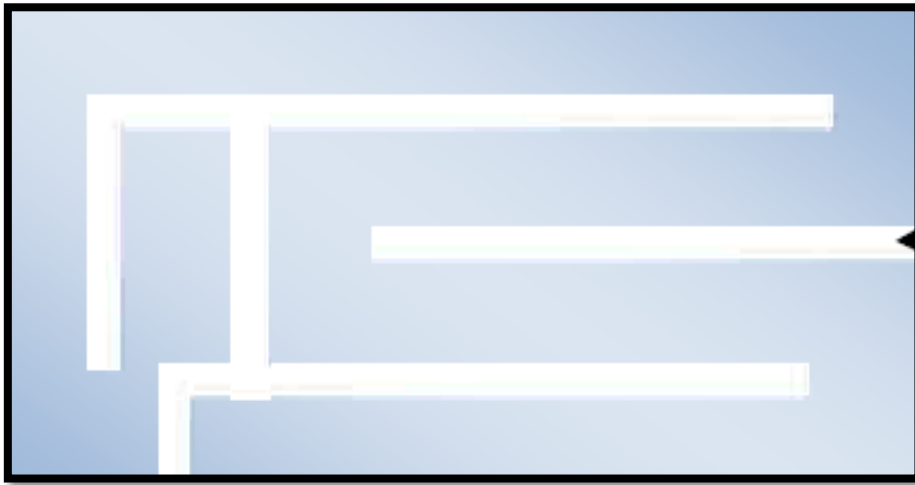


Figure I.8 Structure de l'antenne IFA Intégrée[10].

I.7.3 IFA planaire

À l'origine la PIFA est appelée une antenne ouverte de microruban. La PIFA est devenue intéressante à cause de son utilisation dans les téléphones portables mobiles. En fait la PIFA en elle-même est souvent considérée comme une antenne générique, mais du point de vue physique, elle est vue comme une dérivée d'antenne filaire et d'antenne plaque imprimée. Actuellement, l'antenne L inversée de faible volume possède une faible résistance de rayonnement, mais en étalant la connexion d'alimentation le long du fil, elle pourrait être augmentée qui est l'antenne F inversée est (IFA).

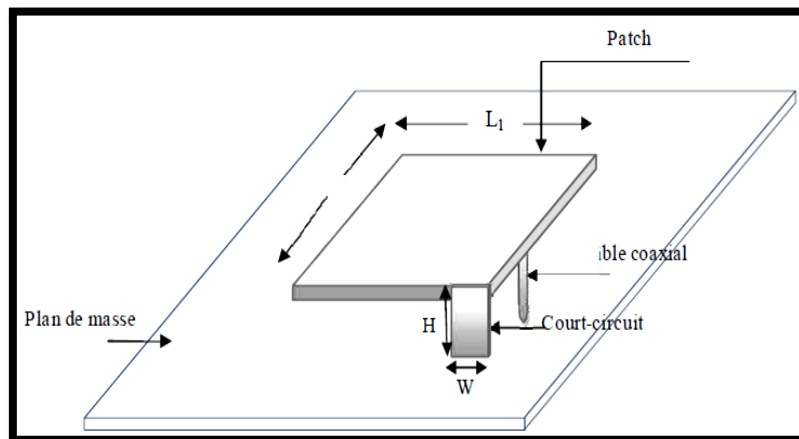


Figure I.9 Structure de l'antenne IFA planaire [10].

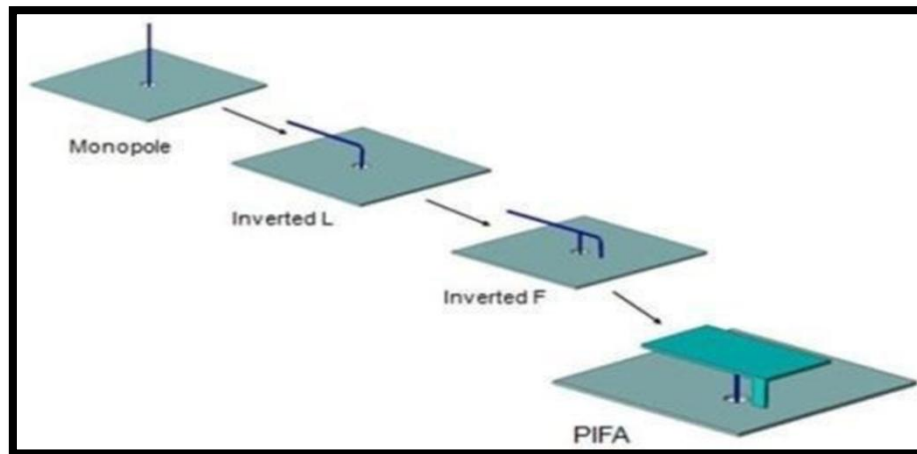


Figure I.10 Développement d'antenne PIFA [11].

I.8 Domaines d'applications

I.8.1 Téléphonie mobile

Ces antennes ont l'avantage d'offrir plusieurs fonctionnalités (Bluetooth, Wifi, GPS, WIMAX) et de couvrir plusieurs standards de communications dans la même appareil. montre une antenne pifa multi-bande capable de couvrir les standards: GSM (880-960 MHz), DCS(1710-1880 MHz), PCS (1850-1990 MHz), UMTS(1920-2170 MHz). L'antenne présentée combine plusieurs techniques permettant de couvrir les 4 bandes de fréquences. Tout d'abord, l'utilisation d'une fente permet la descente en fréquence et le contrôle des modes supérieurs. E La téléphonie mobile est actuellement fortement demandeuse de solutions en ce qui concerne les antennes PIFA qui ont attiré l'attention sur tout qu'on peut leurs attribué quelques modifications afin d'avoir des antennes multi bande ; se sont très convenable dans les systèmes de communication sans fil tels que : GSM (900MHZ), DCS (1800MHZ).

La téléphonie mobile est actuellement fortement demandeuse de solutions en ce qui concerne les antennes PIFA qui ont attiré l'attention sur tout qu'on peut leurs attribué quelques modifications afin d'avoir des antennes multi bande se sont très convenable dans les systèmes de communication sans fil tels que : GSM (900MHZ), DCS (1800MHZ).

I.8.2 Les Réseaux De Téléphonie Sans Fil

Le premier réseau a vu le jour en 1956, mais c'est en 1992 qu'a commencé le véritable essor de la téléphonie mobile avec l'ouverture du premier réseau GSM. Nous allons étudier globalement le fonctionnement d'un réseau GSM (2G) et ses différentes évolutions pour arriver au système UMTS (3G).

I.8.2.1 La deuxième génération (2G)

Née dans les années 1990, la 2G se distingue de la 1G, par le passage de l'analogique vers le numérique. Grâce aux réseaux 2G, il est possible de transmettre de nouvelles données numériques, de faible volume comme par exemple des messages textes ou « textos » (SMS : Short Message Service), ou des messages multimédias (MMS : MultiMedia Message Service).[12]

I.8.2.2 Le GSM

La norme GSM (Global System for Mobile communications) est le standard 2G le plus utilisé en Europe à la fin du XXème siècle supporté aussi aux États-Unis. Elle fut établie en 1982 par le CEPT (Conférence des administrations Européennes des Postes et Télécommunications) et a été mise au point par l'ETSI. Elle utilise deux bandes de fréquence, l'une pour la voie montante et l'autre pour la voie descendante. Chacune de ces bandes comportent 124 canaux de 200 KHz chacun. Elle utilise une modulation GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) qui permet d'éviter les chevauchements entre les porteuses. Chacune d'elle comporte huit time slots (TDMA – Time Division Multiple Access). Les données sont transmis en mode circuit. Sur la voie radio un circuit est un intervalle de temps dans une trame de données, alloué par le réseau. Le débit utile est de 24,7 Kbps. La norme GSM permet un débit maximal de 9,6 Kbps. Elle utilise des bandes de fréquence différentes en fonction du lieu où se trouve l'utilisateur.

➤ GSM 900 et GSM 1800

Cette norme est utilisée en Europe, Asie et en Afrique et fonctionne dans deux bandes de fréquence distinctes, celle des 900 MHz et des 1800 MHz qui celle-ci est aussi appelé DCS (Digital Communication System). Le GSM 900 utilise la bande 890-915 MHz pour l'envoi des données et la bande 935-960 MHz pour la réception des informations et le GSM 1800 utilise la bande 1700-1785 MHz pour l'émission et la bande 1805-1880 MHz pour la réception

GPRSM:

Le GPRS Ne constitue qu'une couche supplémentaire rajoutée au réseau GSM, il fait partit de la deuxième génération. Il permet de transfert des données par paquet avec débit théorique de 171.2 Kbit/s et le transport de GSM. Le GPRS utilise les bandes de fréquence attribuées au GSM : 900MHz à 1900 MHz.

EDGE:

L'EDGE est une norme améliorée par rapport à celle du GSM, qui ne demande pas l'investissement lourd dans l'infrastructure mais qui offre aux utilisateurs la possibilité de transmettre des vidéos, les photos, des sons avec un débit théorique de 473Kbit/s. Son avantage majeur est qu'elle peut être intégrer à la norme GSM très facilement puisqu'elle occupe la même bande des fréquences celle du 900 MHz[13].

I.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous somme intéressé aux antennes PIFA qui représente un type spécifique des antennes miniatures et qui sont adéquates pour les diverses applications en communication sans fil, nous avons fait une présentation des antennes PIFA en précisant la définition et leurs types. De plus, nous avons présenté les caractéristiques radioélectriques et les différentes techniques de miniaturisation de ces derniers.



Chapitre II

Specific Absorption

Rat(SAR)

II.1 Introduction

Le développement de la téléphonie mobile a constitué un nouvel axe d'étude. En raison du déploiement croissant d'équipements sans fil, il est important d'étudier les effets possibles sur la santé de l'exposition aux champs électromagnétiques, la Commission Internationale de Protection Contre les Rayonnements non Ionisants (ICNIRP 1998) définit des valeurs limites pour le taux d'absorption d'énergie spécifique moyen du corps entier (SAR) afin d'éviter les effets nocifs des champs électromagnétiques dans la gamme des radiofréquences (RF)[22].

L'objectif de ce chapitre est de fournir un bref aperçu du SAR ainsi que des mesures de densité d'énergie, des normes et des limites de la réglementation.

II.2. Débit d'absorption spécifique

II.2.1. Définition

Le SAR, acronyme de Specific Absorption Rate Elle est définie comme la quantité d'énergie électromagnétique absorbée par les tissus du corps humain sur la masse de l'unité et est mesurée en W / kg. Les tests SAR, donc, mesurer le pourcentage d'énergie électromagnétique absorbée par le corps humain quand il se trouve dans le voisinage d'un champ magnétique radiofréquence. Les valeurs ainsi obtenues permettent de vérifier leur conformité avec les limites d'exposition aux champs électromagnétiques en toute sécurité[17].

Mathématiquement, le SAR peut être défini par la norme IEEE C95.3 comme la dérivée temporelle de l'énergie supplémentaire absorbée dans une masse graduelle. Elle est donnée par l'équation suivante :[18]

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dw}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dw}{\rho dv} \right) \quad (II.1)$$

$$SAR = \int_{sample}^h \frac{\sigma(r) |E(r)|^2}{\rho(r)} \frac{1}{v} dr \quad (II.2)$$

Où : σ est la conductivité électrique du tissu (S / m) ;

E est le champ électrique RMS ;

ρ est la densité de l'échantillon (Kg / m^3).

Cela dépend de divers facteurs tels que:

Les caractéristiques du rayonnement (fréquence, polarisation, intensité).

Les caractéristiques de l'objet biologique, la géométrie (taille et forme) et la structure interne.

La distance de la source d'émission de rayonnement et d'objets biologiques (champ proche ou lointain).

1-g-avg SAR < 1.6 W/kg.

10-g-avg SAR < 2W/kg.

La puissance absorbée par le corps humain en présence d'un champ électromagnétique incident est donnée par l'expression (II.3) :

$$p_{abs} = \frac{1}{2} \int \sigma |E|^2 dv \quad (II.3)$$

Où σ est la conductivité des tissus humains et $|E|$ est l'intensité du champ électrique à l'intérieur du corps.

L'équation (II.3) indique que la puissance absorbée est liée au champ électrique, de sorte que les valeurs SAR maximales sont enregistrées dans les zones où les intensités maximales de champ électrique se produisent. Sur la base de la déduction que les valeurs SAR moyennes de crête sont générées à partir de champs proches élevés, de nouvelles antennes patch implantables peuvent être conçues qui visent à des intensités de champ électrique plus faibles. Les antennes implantables de taille accrue présentent des distributions plus uniformes du champ électrique et de la densité de courant sur une surface de patch accrue, de sorte que des valeurs SAR inférieures sont obtenues[19].

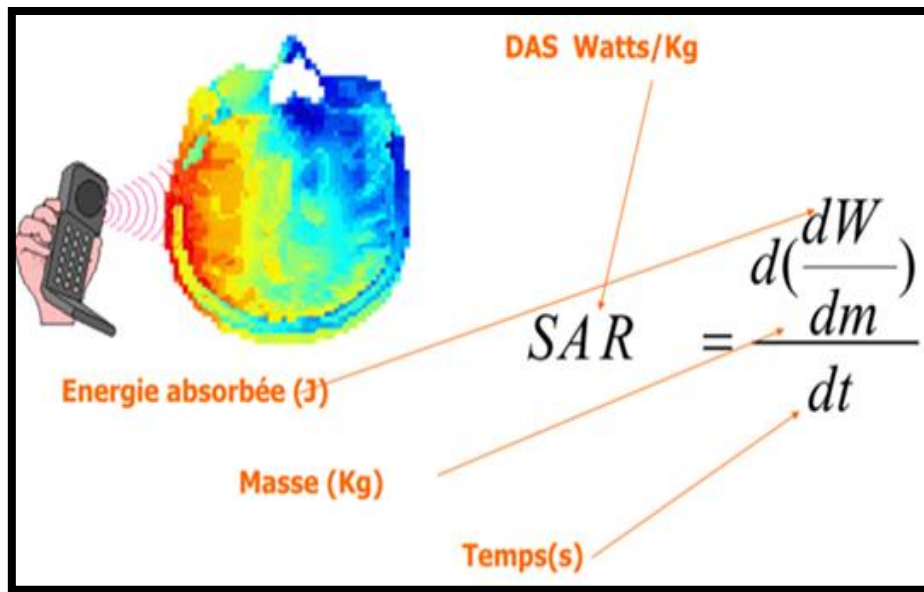


Figure. 1. calcul de SAR [20].

II.3. Valeurs de SAR mesurées

II.3.1. Mesures réalisées par l'ANFR entre 2012 et 2016

L'ANFR, établissement public de l'État à caractère administratif, est notamment chargée de la surveillance du marché des équipements radioélectriques et des équipements terminaux, en application de l'article R.20-44-11 du Code des postes et des communications électroniques (CPCE). La directive « R&TTE » alors en vigueur prévoyait que la mesure du SAR tronc normatif pouvait être effectuée à une distance du tronc fixée par les constructeurs, comprise entre 0 et 25 mm. À la demande de l'ANFR, et dans un but d'information, des mesures complémentaires au contact du tronc ont été réalisées par des laboratoires accrédités. L'objectif était de tenir compte des nouvelles modalités d'usage des téléphones mobiles. Ainsi, entre le 1er janvier 2012 et le 31 décembre 2016, 272 téléphones mobiles ont été évalués à une distance de 0 mm du tronc et 137 à une distance de 5 mm.

Il est important de noter que ces dates de mesures ne correspondent pas nécessairement aux dates de mises sur le marché. Sur les 272 téléphones testés au contact (0 mm), la valeur médiane du SAR tronc maximal variait de 2,0 W/kg pour l'année 2012 à 3,0 W/kg pour l'année 2013 et restait supérieure à 2,5 W/kg pour les années suivantes ; le SAR maximal mesuré était de 7,42 W/kg Sur cet échantillon, 206 téléphones (76 %) présentaient des valeurs de SAR tronc supérieures à 2 W/kg (Figure.2.). Hormis pour l'année 2012, plus de la moitié

des téléphones mobiles testés ont été évalués avec une valeur de SAR maximal au contact supérieure à 2 W/kg (Figure.3).

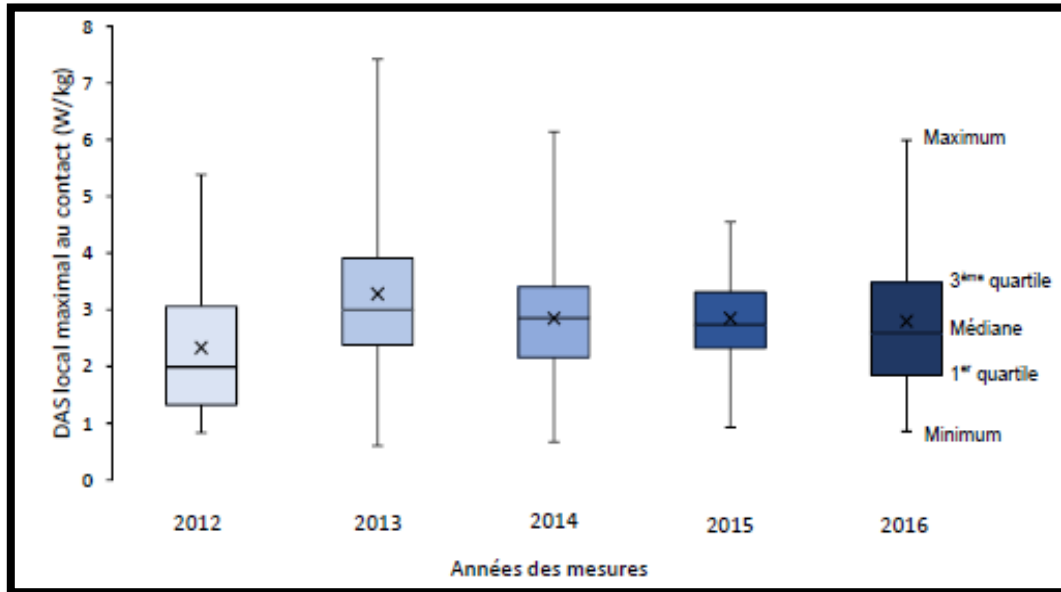


Figure.2. la distribution (minimum, 1er quartile, médiane, 3ème quartile ,maximum) et moyenne (x) des valeurs du SAR local.

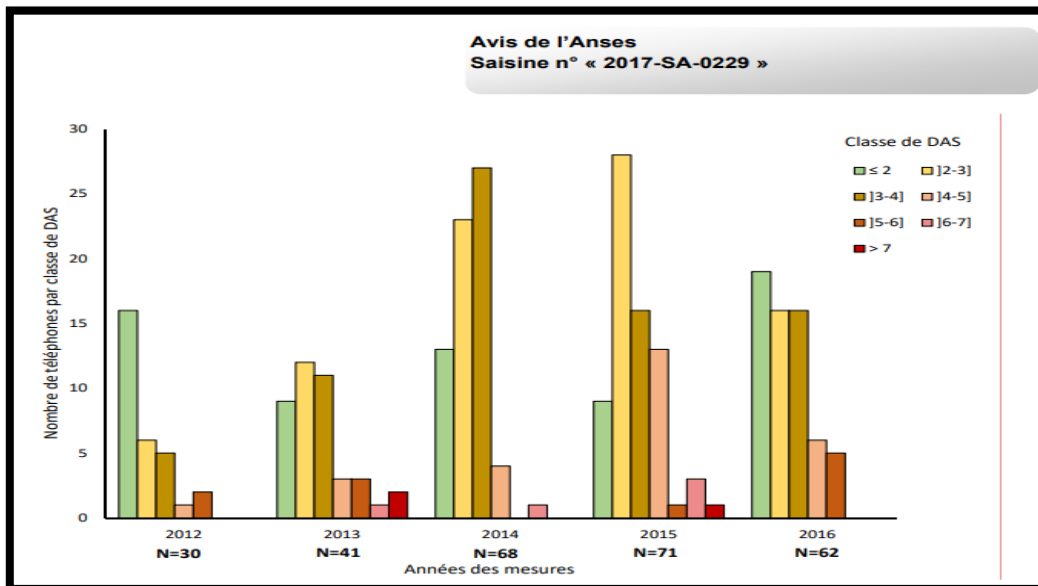


Figure.3. Nombre de téléphones mobiles par valeurs de SAR mesurées au contact par l'ANFR (année des mesures) et nombre total de téléphones testés par année (N)[21].

II.3.2. Les tests SAR dans les laboratoires Sicom Testing

la mesure du débit d'absorption spécifique de l'énergie électromagnétique par le tissu humain lorsqu'il est exposé à des champs CEM. Toutes les mesures peuvent être appliquées à différentes parties sensibles du corps humain comme la tête, l'abdomen ou du poignet. La mesure du SAR est effectuée à l'aide d'une machine constituée d'un bras robotisé, par une sonde de champ électrique et à partir des réservoirs spéciaux, dont la forme reproduit le modèle et de la tête du corps humain. A l'intérieur des réservoirs est contenu un liquide spécial qui permet de simuler les caractéristiques du tissu humain [23].

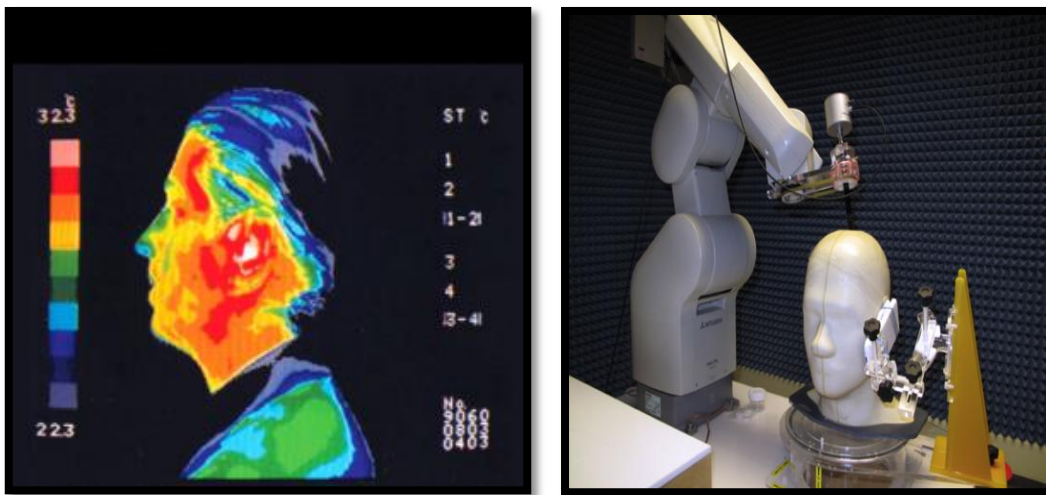


Figure. 5. Les tests DAS dans les laboratoires Sicom [23].

II.4 les différents types de SAR

Trois types de SAR sont prévus pour mesurer l'exposition due aux téléphones portables. Les laboratoires qui effectuent ces mesures, utilisent tous les mêmes procédures de tests définies dans les normes harmonisées au niveau européen.

➤ le « SAR tête »

reflète l'usage du téléphone à l'oreille, en conversation vocale. La norme NF EN 50360 décrit une méthodologie de mesure, qui repose notamment sur un modèle de tête et deux positions de référence du téléphone, au contact de l'oreille, à droite et à gauche. La valeur limite du « SAR tête » est de 2 W/kg. Les fabricants doivent démontrer qu'ils respectent cette valeur limite.

➤ **le « SAR tronc »**

est associé aux usages où le téléphone est porté près du tronc, par exemple dans une poche de veste ou dans un sac. La norme NF EN 50566 prévoit une mesure sur plusieurs faces de l'appareil, faite à une distance qui, jusqu'en avril 2016, pouvait être librement fixée par les constructeurs entre 0 mm (téléphone au contact du corps) et 25 mm Cette distance a été restreinte à 5 mm maximum, compte tenu des nouveaux usages du téléphone liés aux oreillettes et à l'accès aux données. La valeur limite du « SAR tronc » est de 2 W/kg. Les fabricants doivent démontrer qu'ils respectent cette valeur limite [24].

➤ **le « SAR membre »**

quant à lui, correspond à l'usage du téléphone plaqué contre un membre, par exemple tenu à la main, porté dans un brassard ou dans une poche de pantalon. C'est également la norme NF EN 50566 qui décrit cette situation. La valeur limite du « SAR membre » est de 4 W/kg [24].

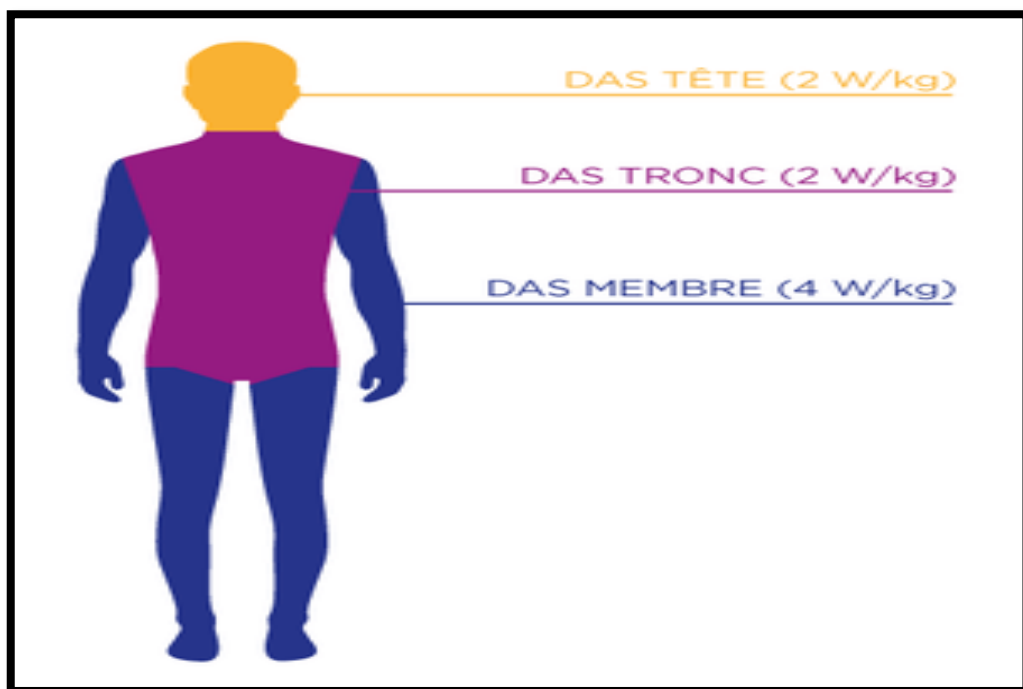


Figure .6. répartition des valeurs du SAR en fonction des parties du corps [24].

II.5 Valeurs limites d'exposition réglementaires

II.5.1 les limites réglementaires de SAR tous les pays

La plupart des pays développés ont adopté les seuils d'expositions préconisés par l'organisation scientifique sans but lucratif ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), notamment Brésil, Japon, Allemagne, Danemark, Espagne, France, Estonie, Finlande, Hongrie, Irlande, Lettonie, Norvège, Pays-Bas, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Australie, Nouvelle-Zélande, Singapour, Pologne et Lituanie. Quelques rares pays ne suivent pas les lignes directrices de l'ICNIRP et ont des normes différentes, comme le Canada, les Etats-Unis et la Corée du Sud qui ont fixé une limite de SAR tête et de SAR tronc à 1,6 W/kg, mais les SAR ne sont pas comparables, car ils sont mesurés différemment aux États-Unis (15 mm versus 5mm en Europe et sur un cube de 1g versus 10g en Europe.) – Par ailleurs, les États-Unis ne fixent pas de limite pour le « SAR membre » – et en Europe (5 mm) et il n'existe pas, au niveau fédéral aux États-Unis, de limite d'exposition de la population aux champs électromagnétiques générés par les antennes de téléphonie mobile[25].

Pays /région	Protocole de mesure SAR	référence à la limite SAR	Limit
Europe	European Specification ES 59005 (1998)	ICNIRP guidelines (ICNIRP, ... 1999)	2.0 W /Kg dans 1g de tissu
Australie	austrian communications authority ACA standard (ACA RS 1999)	Australin Standard AS/NZS 2772.1	1.6 W/Kg dans 1g de tissu

US	Federal Comm. Commission Guidelines (FCC 1997)	American Standard ANSI C95.1 (ANSI1992)	1.6 W/Kg dans 1g de tissu
----	---	--	------------------------------

Tableau .1. les limites réglementaires de DAS sont-elles les mêmes dans tous les pays [26].

II.5.2. les valeurs limites pour le SAR

Les terminaux radioélectriques, notamment les téléphones portables, ne doivent pas dépasser des valeurs limites de SAR. Ces niveaux sont définis par la recommandation européenne 1999/519/CE. Ils sont repris dans la réglementation française par l'arrêté du 8 octobre 2003 fixant les spécifications techniques applicables aux équipements terminaux radioélectriques.

Ces valeurs limites découlent des travaux de la Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants, l'ICNIRP . En 1998, l'ICNIRP s'est prononcée au vu de l'état des connaissances scientifiques disponibles et n'a retenu que les effets avérés de l'exposition aux ondes, notamment l'échauffement des tissus. L'ICNIRP assure une veille continue des avancées scientifiques dans le domaine et a récemment mis à jour ses recommandations en mars 2020. Les valeurs limites pour le SAR restent inchangées[25].

II.6 le taux de rayonnement (SAR) de votre GSM

Le taux de rayonnement, également appelé indice SAR (débit d'absorption spécifique), est l'unité de mesure de la quantité d'énergie électromagnétique absorbée par le corps lors de l'utilisation d'un appareil sans fil (téléphone portable, GSM, etc.). L'indice SAR maximal autorisé en Europe s'élève à 2 W/kg.

Vous trouverez l'indice DAS d'un GSM dans notre catalogue GSM. Il existe 5 catégories:

A : indice SAR inférieur à 0,4 W/kg

B : indice SAR supérieur ou égal à 0,4 W/kg, mais inférieur à 0,8 W/kg

C : indice SAR supérieur ou égal à 0,8 W/kg, mais inférieur à 1,2 W/kg

D : indice SAR supérieur ou égal à 1,2 W/kg, mais inférieur à 1,6 W/kg

E : indice SAR supérieur ou égal à 1,6 W/kg, mais inférieur ou égal à 2 W/kg[27].

Système d'exploitation	SAR	Modèle
Samsung Galaxy Note 8	(0.173)	Android
Redmi 10	(0.595)	Android
Apple I phone 11	0.95	IOS

Tableau.2.Comparatifdes SAR des téléphones portables [28].

II.6.1. connaître le SAR de son smart phone

Plusieurs possibilités s'offrent à vous si vous souhaitez connaître le SAR d votre smartphone :

Vous pouvez vous rendre sur le site officiel de la marque de votre smartphone, pour rechercher votre modèle et ainsi obtenir son SAR dans la fiche descriptive. Vous pouvez également aller sur les sites internet ou dans les boutiques physiques des enseignes qui vendent votre modèle de smartphone, comme Darty, Boulanger, ou encore la Fnac.

Il est possible de trouver le SAR de votre téléphone sur sa boîte d'origine ou encore sur la notice d'utilisation que vous avez eu au moment de l'achat

Grâce à une application mobile gratuite éditée par l'ANFR : Open Barres, vous pouvez connaître le SAR tête, le SAR tronc et le SAR en temps réel de votre smartphone. L'application est téléchargeable depuis l'App Store si vous avez un iPhone, ou le Google Play Store si vous possédez un Android [29].

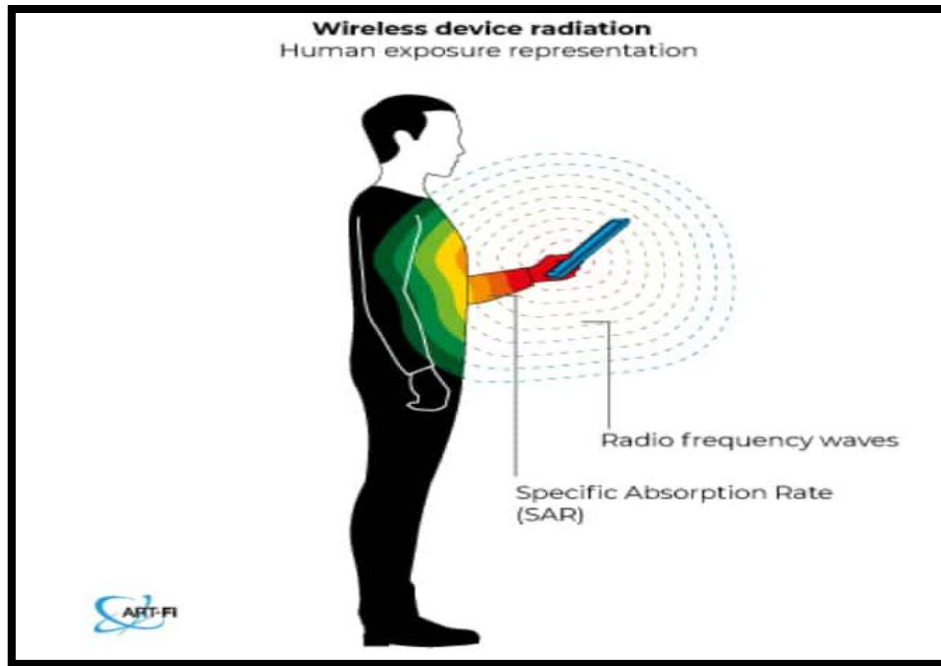


Figure.6. SAR de son smart phone[30].

II.7 Effets de l'absorption spécifique sur la santé humaine

Plus concrètement, de nos jours, à quelques exceptions près, la majorité des téléphones ont un SAR inférieur à 1 W/kg sur 10 g de tissus. Les connaissances sur les ondes électromagnétiques sont aujourd'hui encore à approfondir. Là où aucune n'a pu établir clairement cette innocuité, d'autres ont en revanche mis en évidence des dangers à terme pour le corps humain tels que des cancers ou la perméabilisation des membranes cellulaires, tel que la barrière hémato-encéphalique [31].

II.7.1. Le téléphone portable et ses effets sur la santé

L'usage quotidien et répété d'un téléphone portable, d'un Smartphone ou d'une tablette, est susceptible d'entraîner des dommages plus ou moins élevés sur la santé selon :

- ✚ la durée d'exposition aux ondes.
- ✚ le SAR de l'appareil.
- ✚ la sensibilité électromagnétique des individus exposés.
- ✚ la puissance du champ électromagnétique généré [28].

II.8 conclusion

Afin de protéger les humains des éventuels effets biologiques néfastes dus à l'exposition aux radiofréquences (RF) provenant d'une antenne de téléphone mobile ou d'une antenne de tour de téléphonie cellulaire, un certain nombre d'organisations internationales ont élaboré des lignes directrices sur les niveaux d'exposition. Dans la région de champ proche, les limites d'exposition sont définies comme le taux d'absorption spécifique (SAR) qui peut être défini comme un système métrique pour quantifier la quantité d'énergie absorbée par les tissus biologiques lors de l'exposition au téléphone mobile utilisant la radiofréquence. De plus, cette quantité d'énergie qui est transmise et absorbée dans le tissu de la tête humaine dépend de la fréquence de la source d'énergie, de la distance de l'antenne, de la polarisation du champ, la forme et la taille de la tête humaine .



Chapitre III

Conception de l'antenne

PIFA double bande et

évaluation de son SAR

III.1 Introduction

Les effets des rayonnements des téléphones portables ont attiré l'attention du grand public, car les téléphones portables fonctionnent très près de la tête humaine, l'exposition aux ondes électromagnétiques RF se produit dans le champ proche de l'antenne, donc une partie de l'énergie. Pour cette raison, il est nécessaire de réduire l'interaction de l'énergie des ondes électromagnétiques vers la tête humaine lors du fonctionnement du téléphone mobile.

La première partie, est consacrée à la conception d'antenne PIFA double bande à la fréquence de 0.9 GHz et 1.8 GHz, on utilise les logiciels HFSS. Enfin, montre notamment les résultats obtenus de l'antenne (la fréquence de résonance le gain, le coefficient de réflexion et dans les deux plans E et H $\varphi=0^\circ, \varphi=90^\circ$).

Dans la deuxième partie l'objectif principal est d'étudier la valeur SAR maximale de la tête humain lors de l'utilisation d'une antenne PIFA, on compare cette valeur avec la valeur mesurée par IEEE. Le calcul de SAR lorsque l'antenne PIFA proche du yeux avec des distances en centimètre, Ensuite, les résultats de la simulation d'antenne PIFA près de la tête humaine ont été présenté. Une comparaison a été faite. En ce qui concerne ces paramètres entre la tête humain avec une différence de distance entre la position du téléphone.

III.2 Présentation de logiciel de simulation

ANSYS HFSS est le standard de simulation 3D pleine onde de champs électromagnétiques. Sa précision inégalée, ses solveurs avancés combinés aux technologies de calcul haute-performance en font l'outil indispensable pour la conception de composants haute-fréquence et haut-débit.

propose plusieurs techniques de résolution (basées sur la méthode des éléments finis, des équations intégrales ou sur des méthodes hybrides avancées) pour résoudre un large éventail d'applications micro-ondes, radiofréquence ou haut-débit. En outre, les solveurs ANSYS HFSS utilisent tous un processus de maillage automatisé où il suffit de fournir en entrée la géométrie, les propriétés des matériaux et la sortie souhaitée. À partir de là ANSYS HFSS génère automatiquement un maillage précis, adapté à la résolution du problème avec la technologie choisie. Avec ANSYS HFSS, c'est la physique qui définit le maillage et non l'inverse [32].

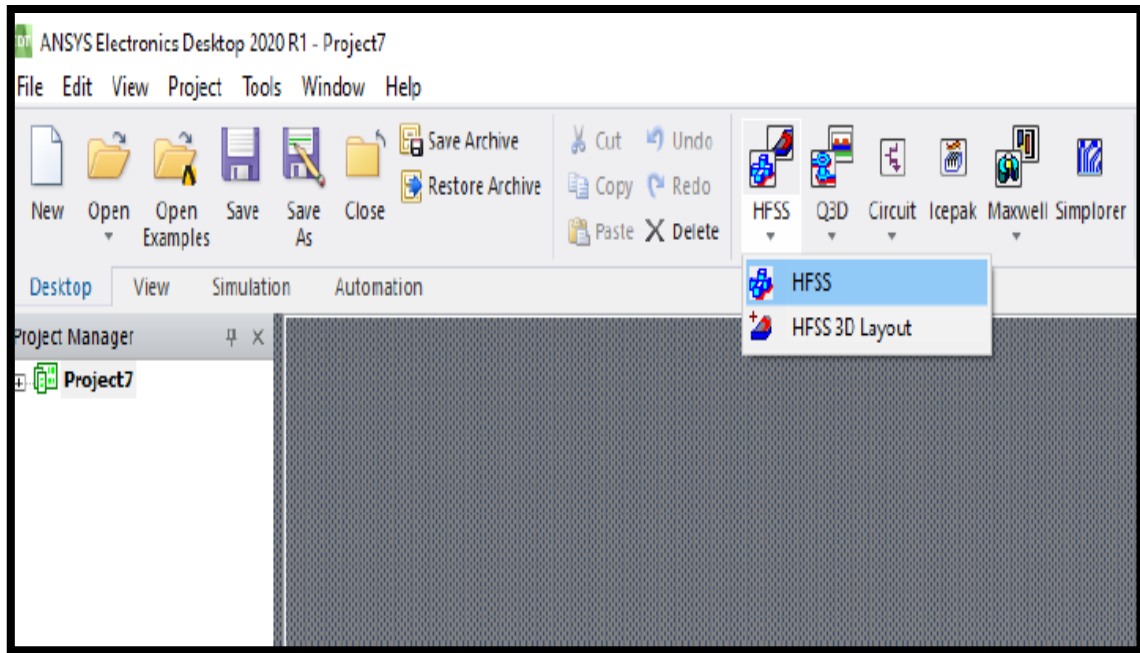


Figure III.1. L'interface de conception de logiciel HFSS.

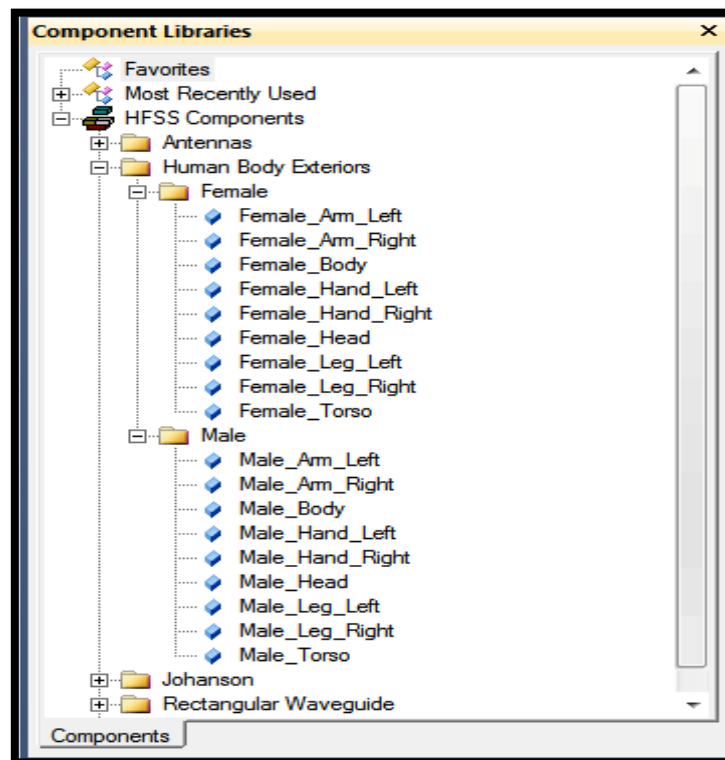


Figure III.2. composant de la bibliothèque de ANSYS.

III.3. Conception de l'Antenne

III.3.1. Description de la structure

Les choix de dimensions de l'antenne doit être inférieures à la longueur d'onde de l'antenne pour respecter la méthode d'homogénéisation. L'antenne proposée est une antenne constituée d'un rectangle carré d'une largeur $W_s = 40$ mm et d'une longueur $L_s = 100$ mm placé sur un substrat de mêmes dimensions utilisant comme matériau le FR4_epoxy caractérisé par une permittivité relative de 4.4, et épaisseur $e = 0.035$ mm. Le patch a une hauteur $H_s = 8$ mm. Il est lié au plan de masse à travers une languette de même hauteur de même dimensions.

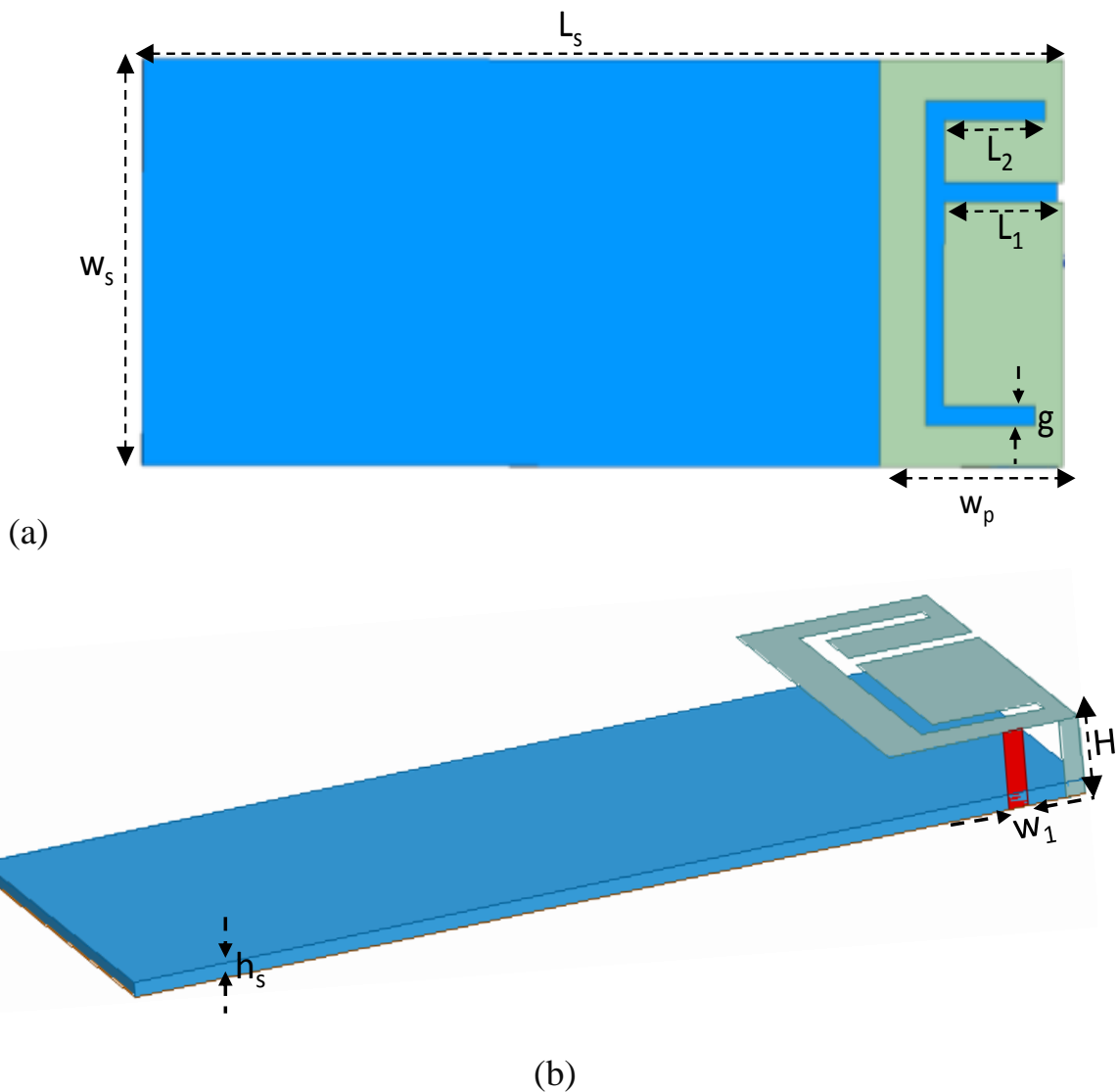


Figure III.3 l'antenne avec ses dimensions (a) top views et (b) 3D.

La fréquence de résonance d'une antenne PIFA est approchée par l'équation (III.1) :

$$l_1 + l_2 - wp = \frac{\lambda}{4} \quad (III.1)$$

Avec L_1 et L_2 les dimensions du patch rayonnant et λ la longueur d'onde calculée pour le milieu séparant le patch et le plan de masse.

Les paramètres géométriques de cette antenne sont représentés dans le tableau.1.

Les grandeurs	Longueur (mm)	Largeur (mm)	
Substrat	$L_s=100$	$W_s=40$	$H_s=0.8$
Antenne Pifa	$W_s=40$	$WP=20$	
	$L_1=13$	$g=2$	
	$L_2=11$	$g=2$	
Port	$H=8$	$W_1=1$	

Tableau III.1 Paramètres géométrique de l'antenne PIFA optimise.

III.3.2. Résultats de simulations

III.3.2.1. Coefficient de réflexion

Le coefficient de réflexion de l'antenne PIFA de la figure 4 est donnée par la figure elle montre deux résonances, L'antenne présente un comportement double bandes les fréquences de résonances sont 0.9GHZ et 1.8GHZ avec une adaptation d'ordre -15 dB et -28 dB respectivement, .les valeurs des coefficients de réflexion (<-10 dB), donc il présente une bonne adaptation. Le coefficient de réflexion de l'antenne est calculé dans la gamme de fréquence [0.5- 2.2GHz].

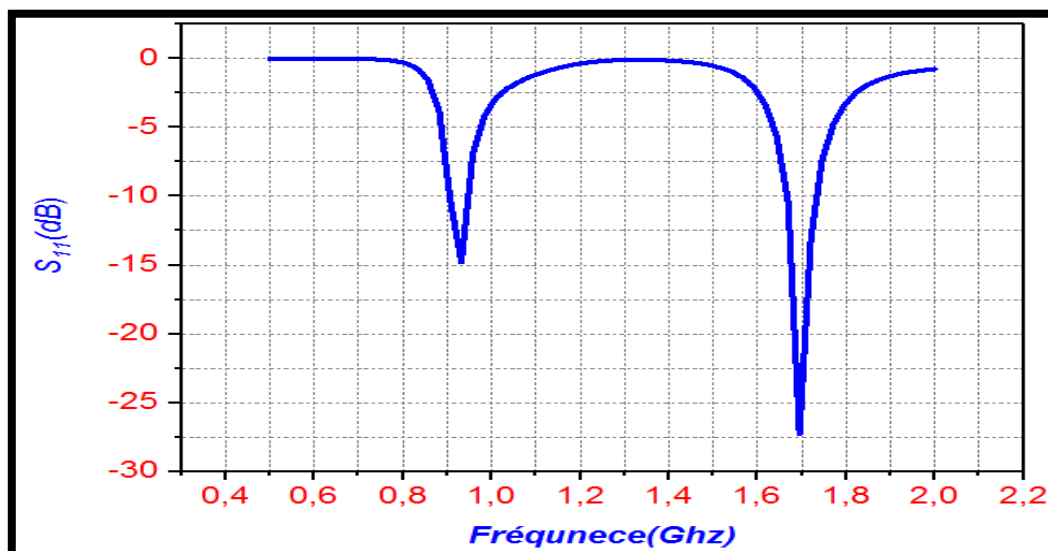


Figure III.4 Coefficient de réflexion de l'antenne PIFA.

les valeurs des coefficient est $< -10\text{dB}$), donc l'antenne présente une bonne adaptation.

III.3.2.2 Le rapport d'onde stationnaire (VSWR)

Le taux d'onde stationnaire, nous donne l'appréciation de l'adaptation. C'est un indicateur du bon fonctionnement du système d'alimentation d'une antenne

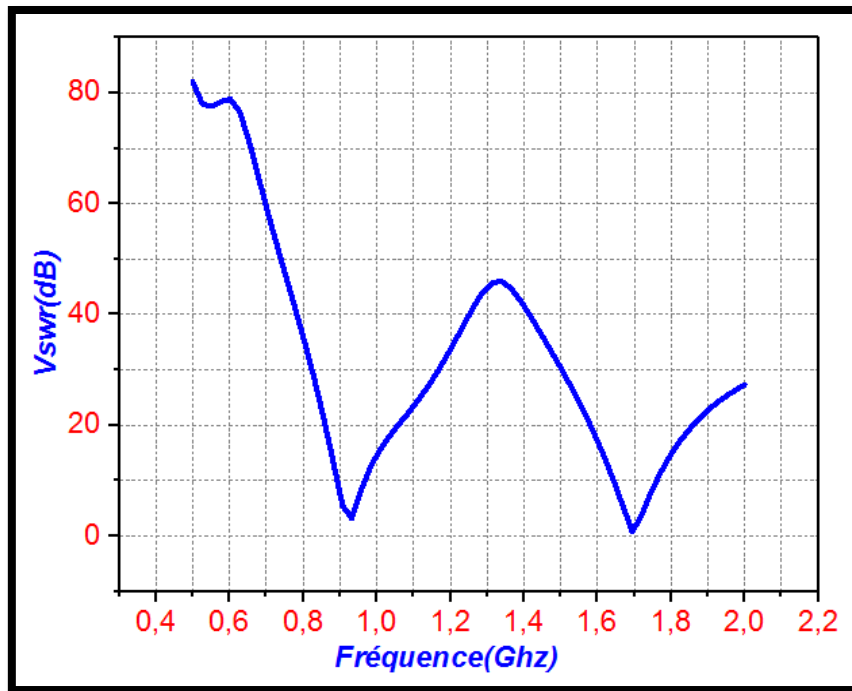


Figure III.5 VSWR de l' antenne PIFA simulée.

D'après la valeur de VSWR qu'est présenté dans la (Figure III.5), le VSWR montrent que antenne a été bien adaptée d'une valeur de 2dB en fréquence 0.9GHz et de 0.71dB à une fréquence de 1.8 GHz .

III.3.2.3 Le Gain

en le gain de l'antenne en 3D à la fréquence 0.9 GHz et 1.8GHZ est illustré sur les figures (6) . Les valeurs de gain de l'antenne pour les deux fréquences (0.9GHZ et 1.8GHZ) d'ordre 3 et 4 dB respectivement

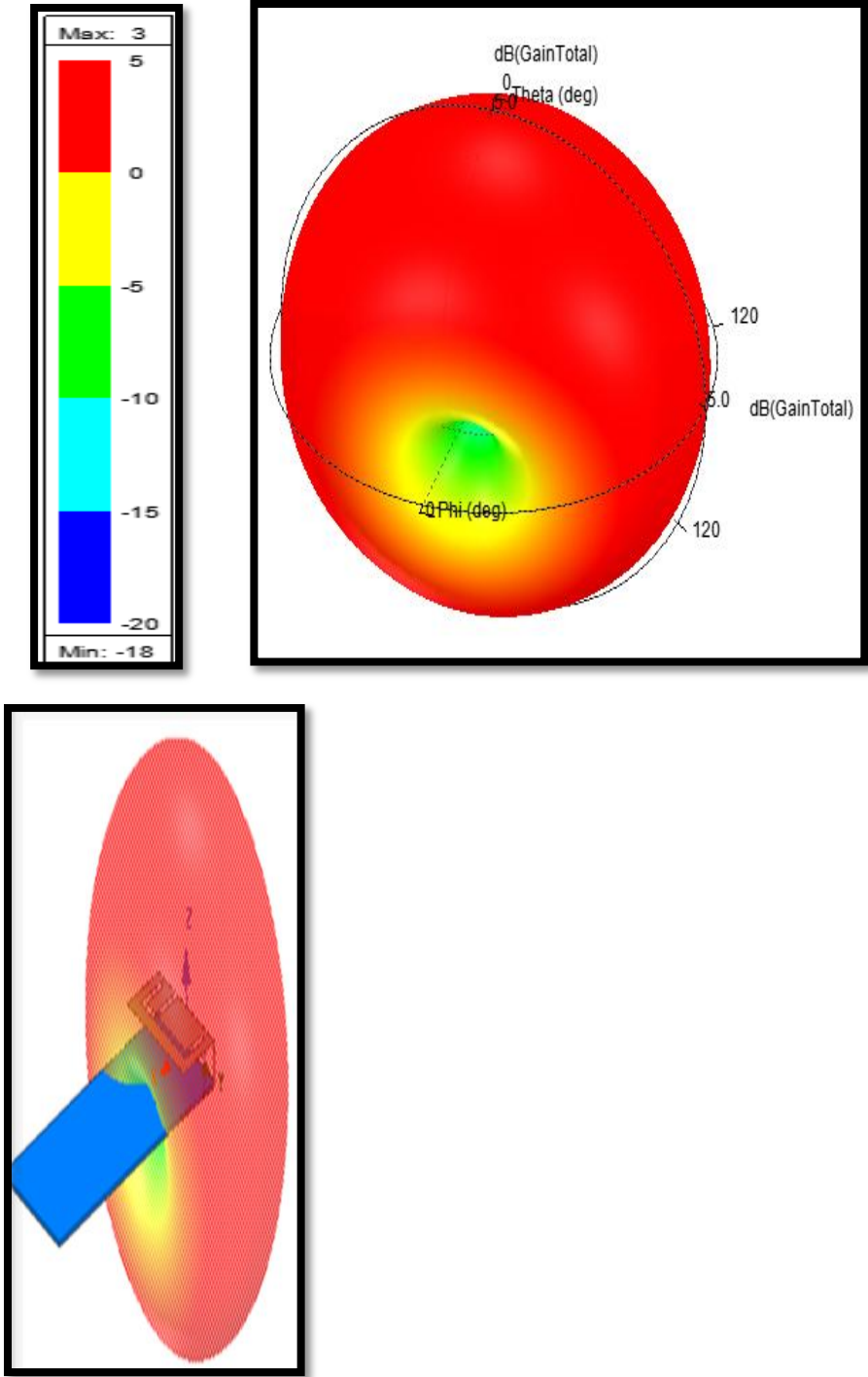


Figure III.6 Gain total de l'antenne 0.9GHz .

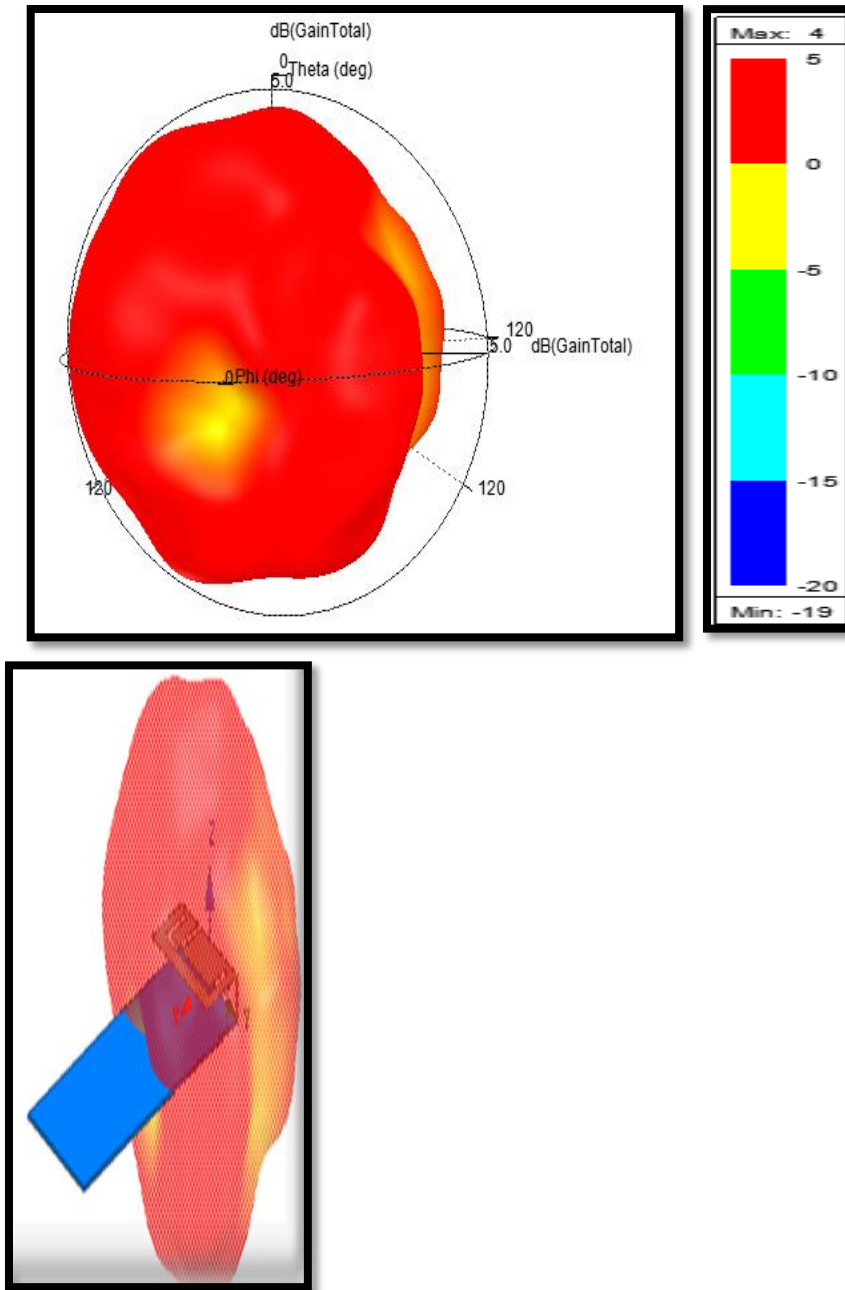


Figure III.7 Gain total de l'antenne 1.8GHz .

III.3.2.4. Le Diagramme de rayonnement

le diagramme de rayonnement de l'antenne pour les plans E (a) et H (b) Pour les deux fréquences est donné par les (figure III.8).

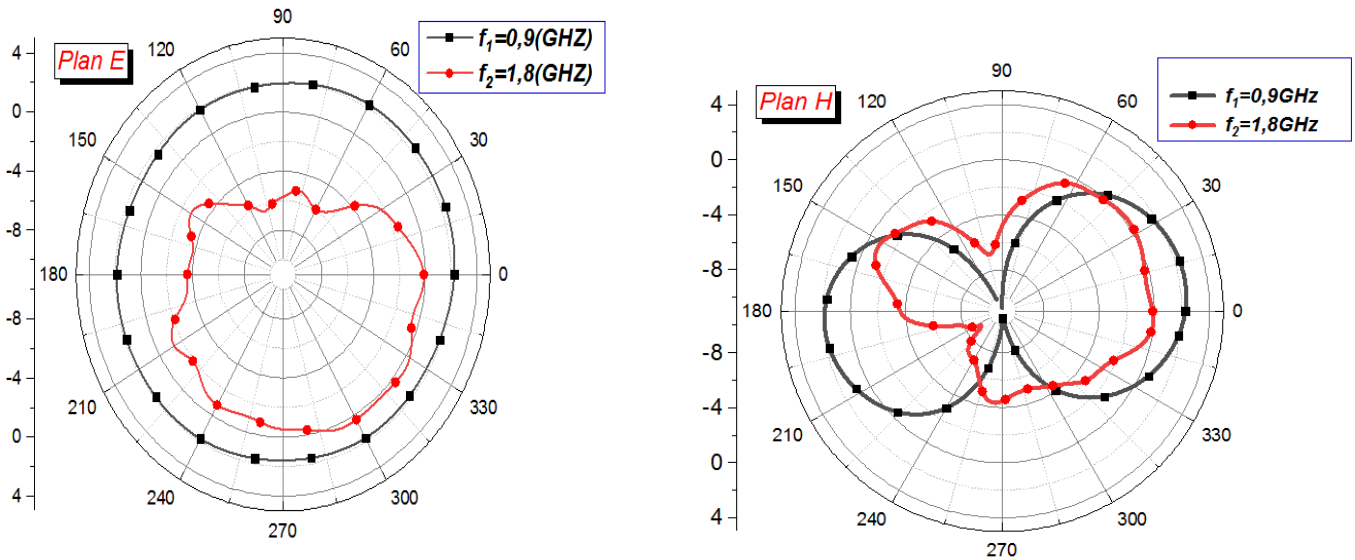
(a) $\phi=90^\circ$ (b) $\phi=0^\circ$

Figure III.8 Diagramme de rayonnement dans le plan E et H .

III.3.2.5 Distribution des courants

Une présentation de distribution de courant sur l'élément rayonnant et le plan de masse dans les deux bandes de fréquence est faite pour se rendre compte de Fonctionnement de l'antenne PIFA double bandes. La figure. 9 illustre la distribution de courant dans les deux bandes respectivement.

On remarque que dans les deux fréquences, le courant sur le patch induit des courants inverses sur le plan de masse, de sorte que les courants sur le patch et le plan de masse sont anti-phase.

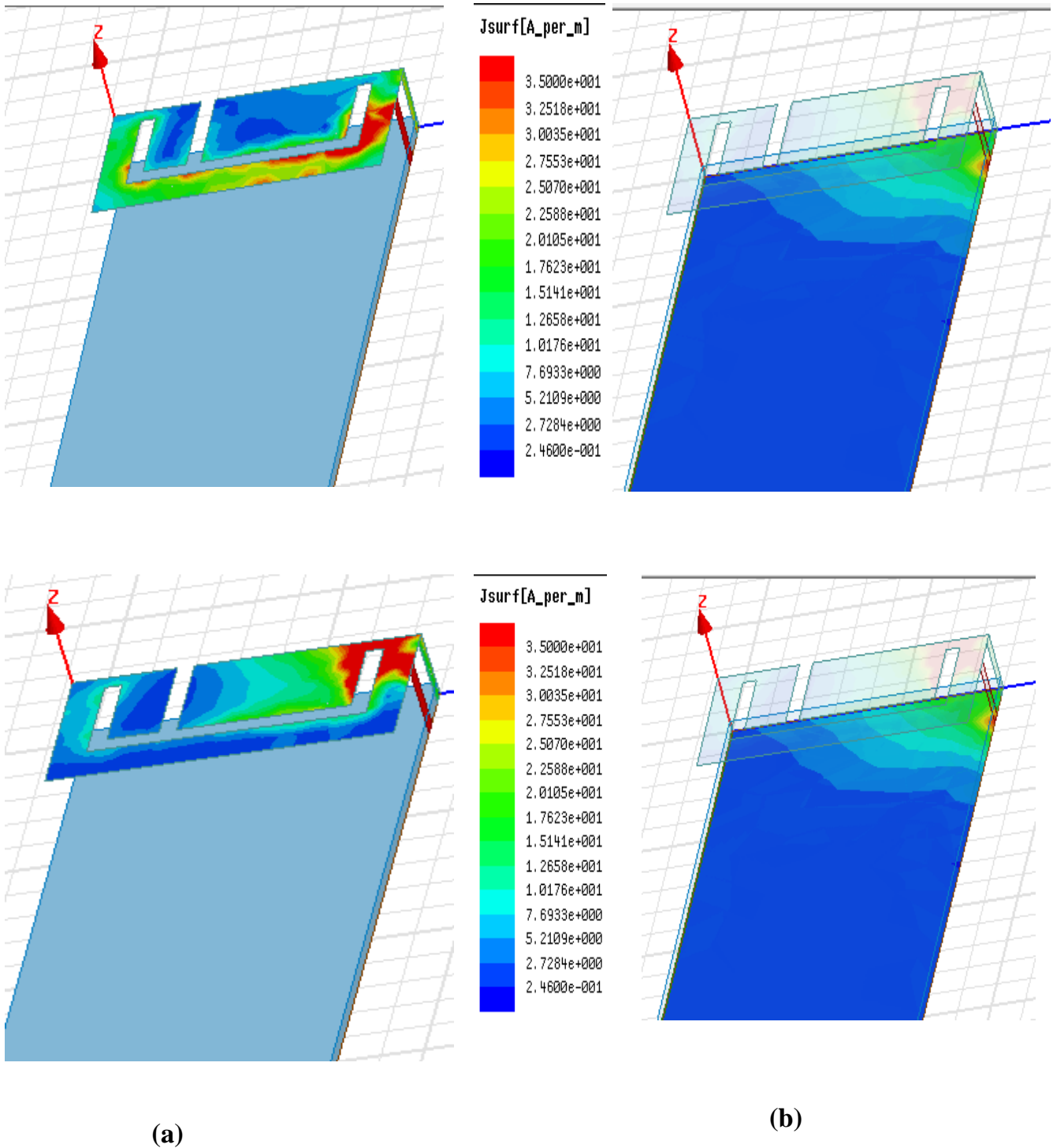


Figure III.9 Densité surfacique de courant dans le plan de masse,(a) à 1.8 GHz et (b) l'antenne PIFA à 0.9 GHz.

3.2.6. Impedance d'entree

figure. 10. presente la partie réelle et imaginaire de l'impedance d'entree simulee de l'antenne PIFA a fente double bandes respectivement. Nous pouvons observer a partir des courbes que

pour les deux fréquences de résonance (0.9 GHz et 1.8GHz) l'impédance d'entrée est ((49-23j)ohm) et ((47+13.4j)ohm) respectivement, donc on a une bonne adaptation d'impédance.

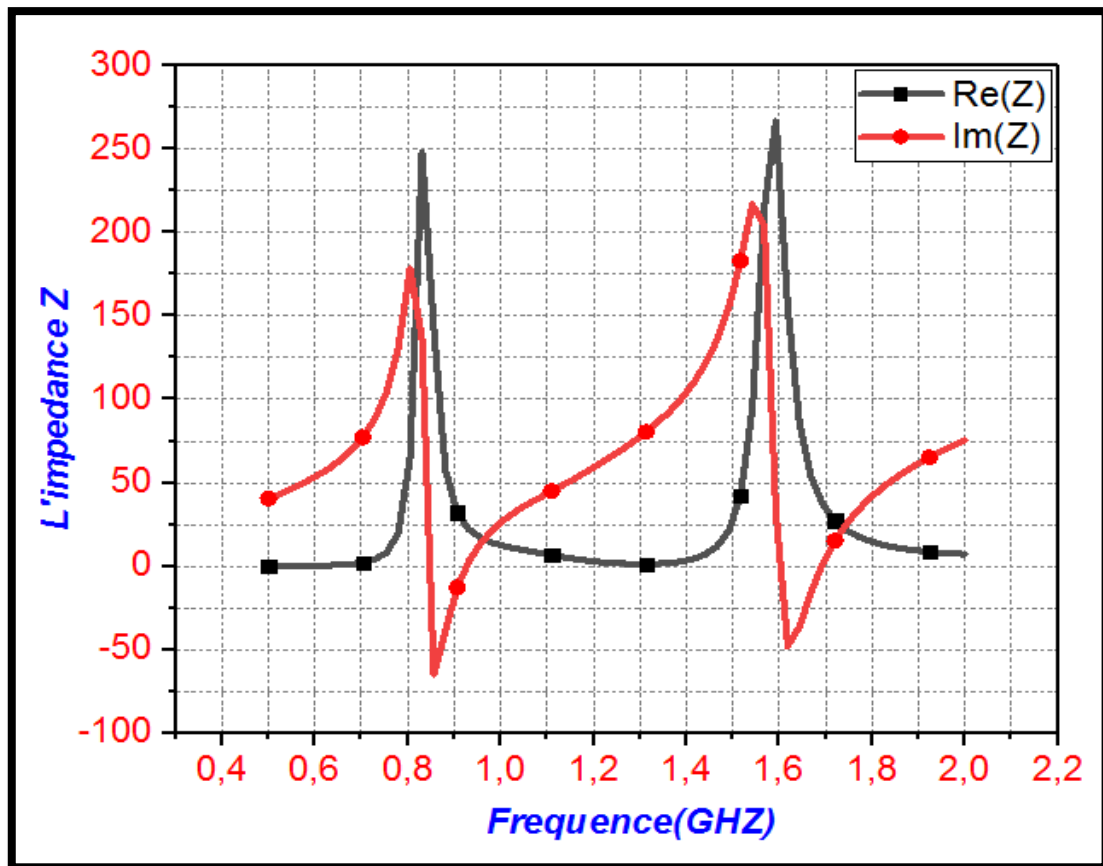


Figure III.10 Impédance d'entrée de l'antenne PIFA double bande .

III.3.3 L'influence de la languette de court-circuit

Au niveau de rayonnement, les antennes possédant des court-circuits présentant une sensibilité aussi bien à la polarisation verticale qu'à la polarisation horizontale coexistant en milieu urbain L'antenne PIFA est obtenue par une réduction de la largeur du court-circuit plan De l'antenne quart d'onde. La largeur du fentes de l'antenne permet d'ajuster la fréquence de résonance ainsi que la forme du diagramme de rayonnement [33].

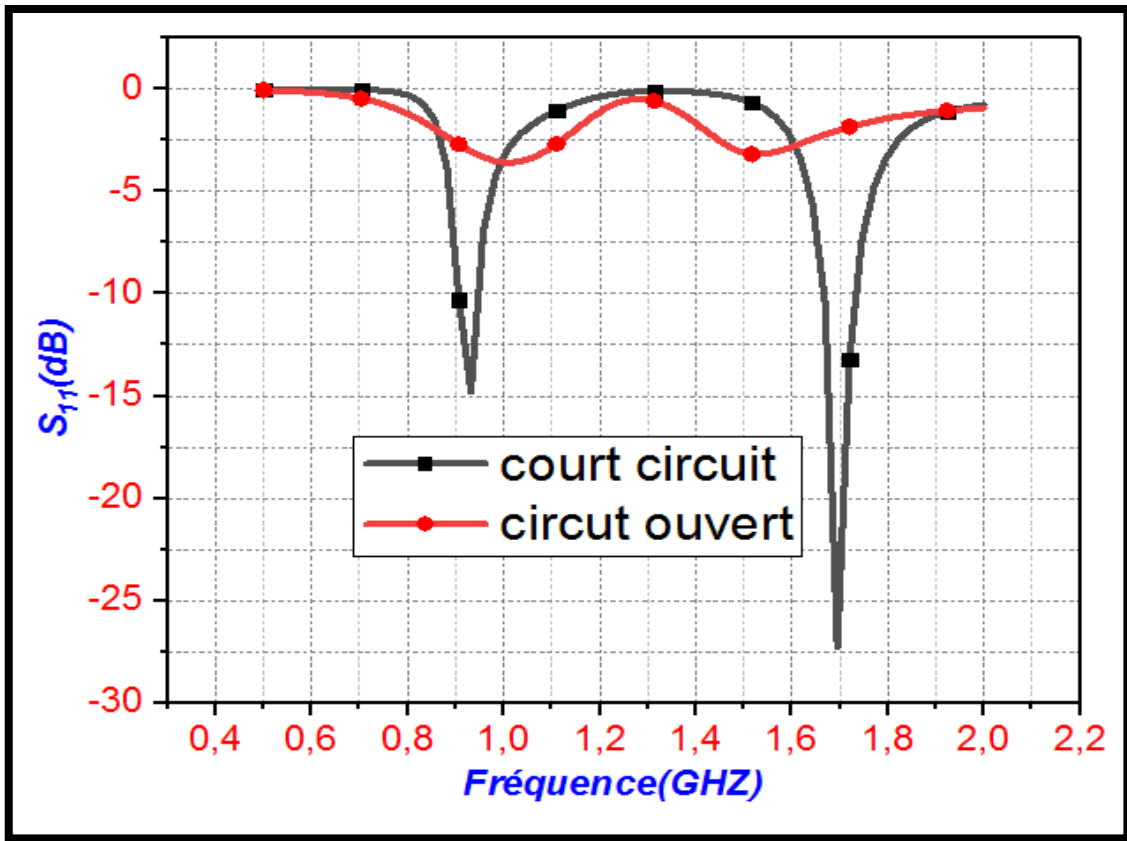


Figure III.11 court circuit et circuit ouvert .

La (Figure III.11) présente la variation d'adaptation en fonction de la fréquence dans la bande [0.5 – 2.2] GHz en HFSS. Nous remarquons qu'une bonne adaptation de court circuit est autour de la fréquence de résonance souhaitée (0.9 GHz et 1.8 GHz), en HFSS.

Cela signifie que nos résultats sont validés et confirmés sur l'antenne pifa bien optimisé.

	Lafrequence (GHz)	S11 (dB)	Le VSWR (dB)	Le gain (dB)
Antenne PIFA	0.9	-15	2	3
	1.8	-28	0.71	4

Tableau.2. Résultats de simulations.

III.4 Evaluation de SAR

L'analyse du rapport SAR est nécessaire pour juger sur l'influence du téléphone sur la santé de l'utilisateur. Un SAR est bon si sa valeur est inférieure à une valeur bien définie. Le SAR est calculé sur tout le corps ou sur un petit volume (généralement 1g ou 10g de tissu). La norme IEEE limite la valeur SAR moyenne de 10g à 2W/kg tandis que, la FCC utilise la valeur SAR moyenne de 1g à 1,6W/kg.

III.4.1 Modélisation d'une tête humaine

Pour cette étude, le modèle de tête de la Figure 14 a été utilisé, où on distingue deux cas d'utilisation différents comme montré dans la figure. Dans le premier cas le téléphone est en face du visage à une distance d (Figure 14.a). Dans le deuxième cas le téléphone est en face de l'oreille à une distance d (figure 14.b). Pour la simulation de SAR dans la tête humaine, les paramètres appropriés pour la conductivité σ (S/m), la permittivité relative ϵ_r et la densité tissulaire ρ (kg/m³) de tous les différents matériaux utilisés pour le calcul doivent être connus. De plus, la dépendance en fréquence de ces paramètres doit être prise en compte et choisie de manière appropriée.

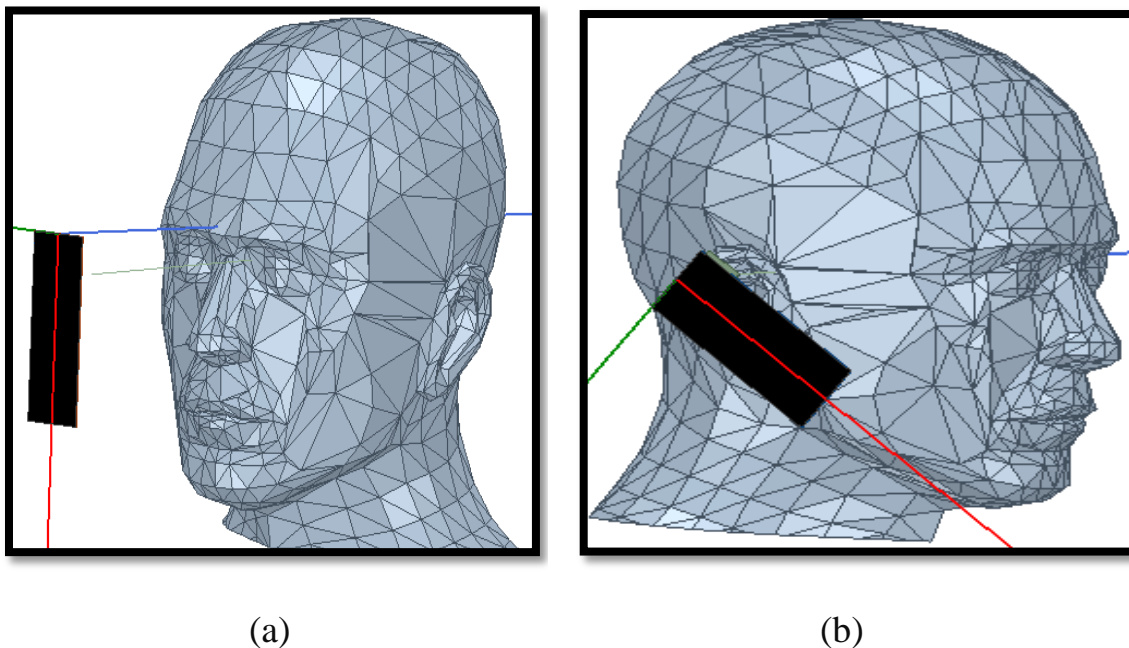


Figure III.13 Modèle de tête humaine.

Cette application modélise la distribution du débit d'absorption spécifique (SAR) dans une tête humaine, exposée à un champ électromagnétique émis par un téléphone portable fonctionnant en GSM (0.9GHz et 1.8 GHz). Dans la modélisation, une tête humaine réaliste est utilisée pour étudier à la fois le SAR local et moyen de tissus de 1 g et 10 g.

Cas 1 Le téléphone est positionné en face du visage à une distance d L'organigramme sur la figure représente le téléphone positionner en face du visage à une distance d pour les deux fréquences 0.9GHZ et 1.8 GHZ, et le SAR calculer pour un tissu de 1g et 10g

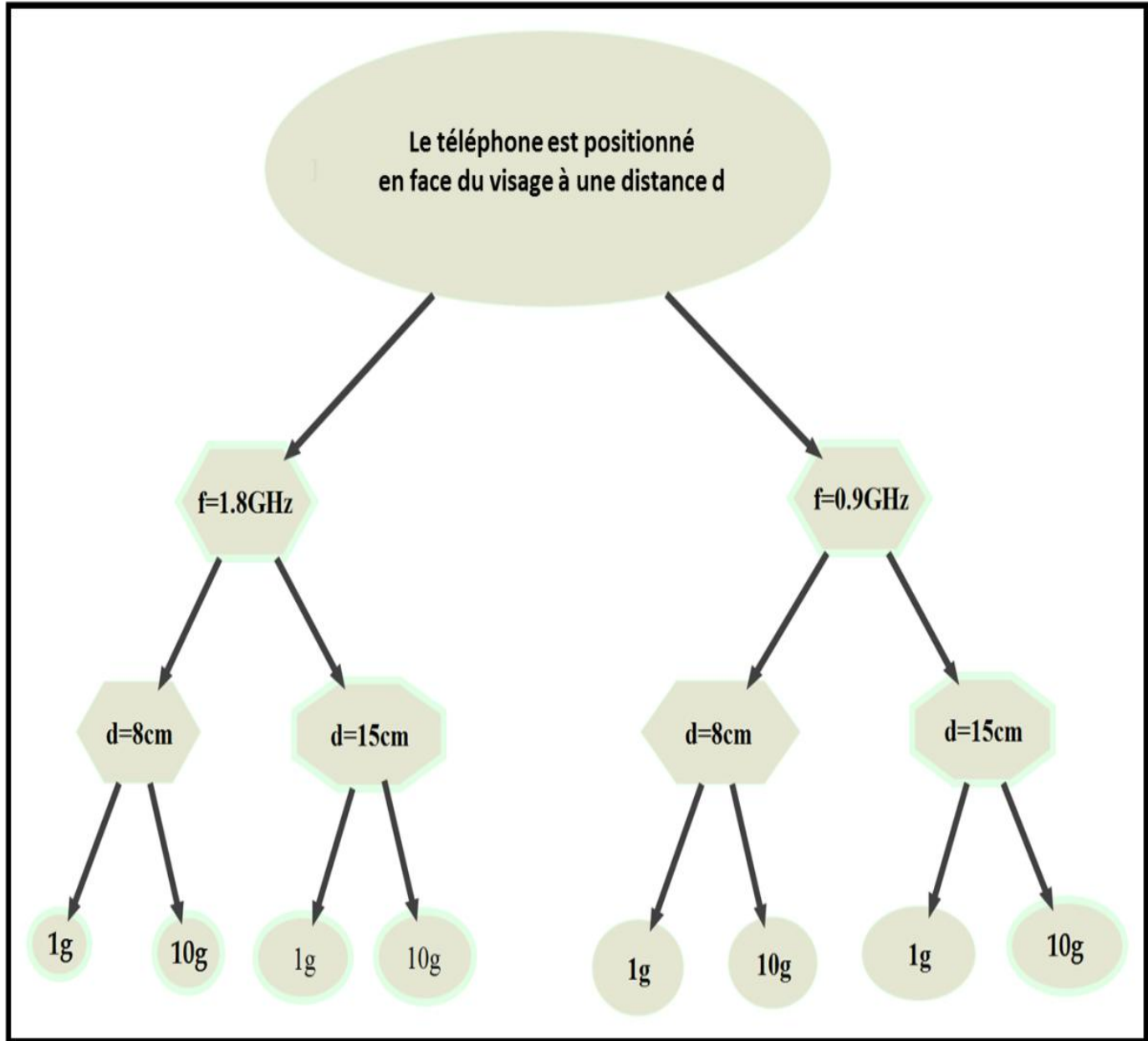
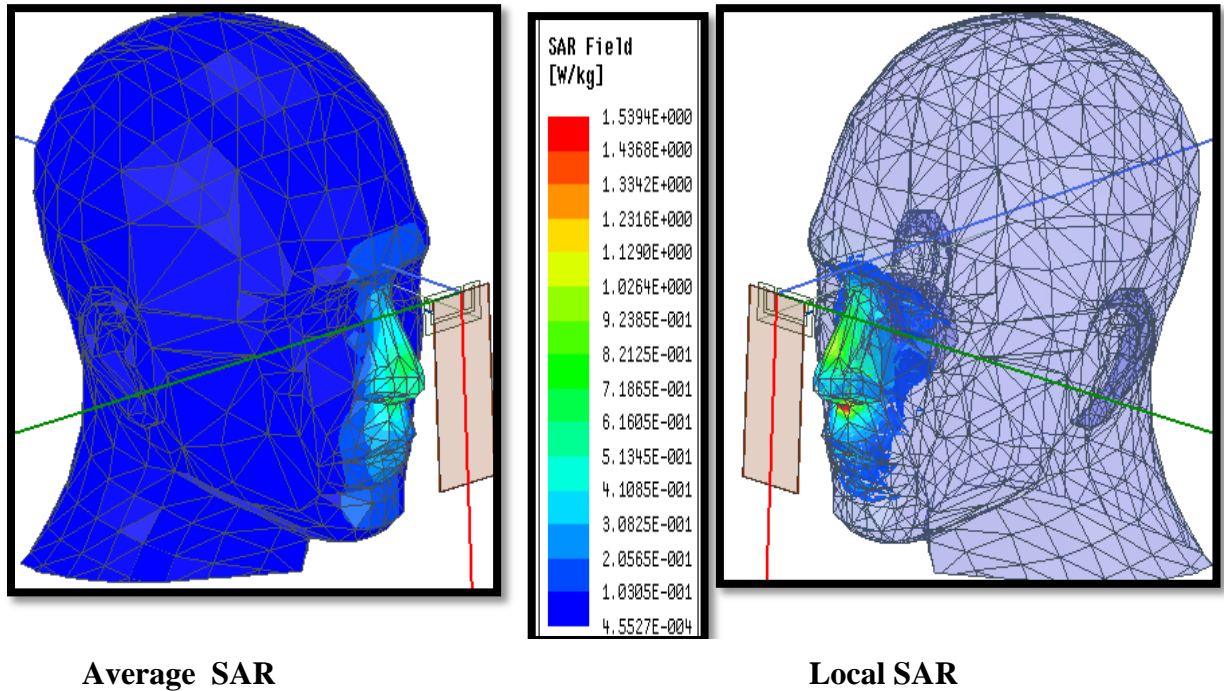


Figure III.14 Organigramme de simulation.

III.4.2 La position du téléphone par rapport à visage à distance 8cm à la fréquence 1.8 GHz

➤ Pour 1g de tissus



➤ Pour 10g de tissus

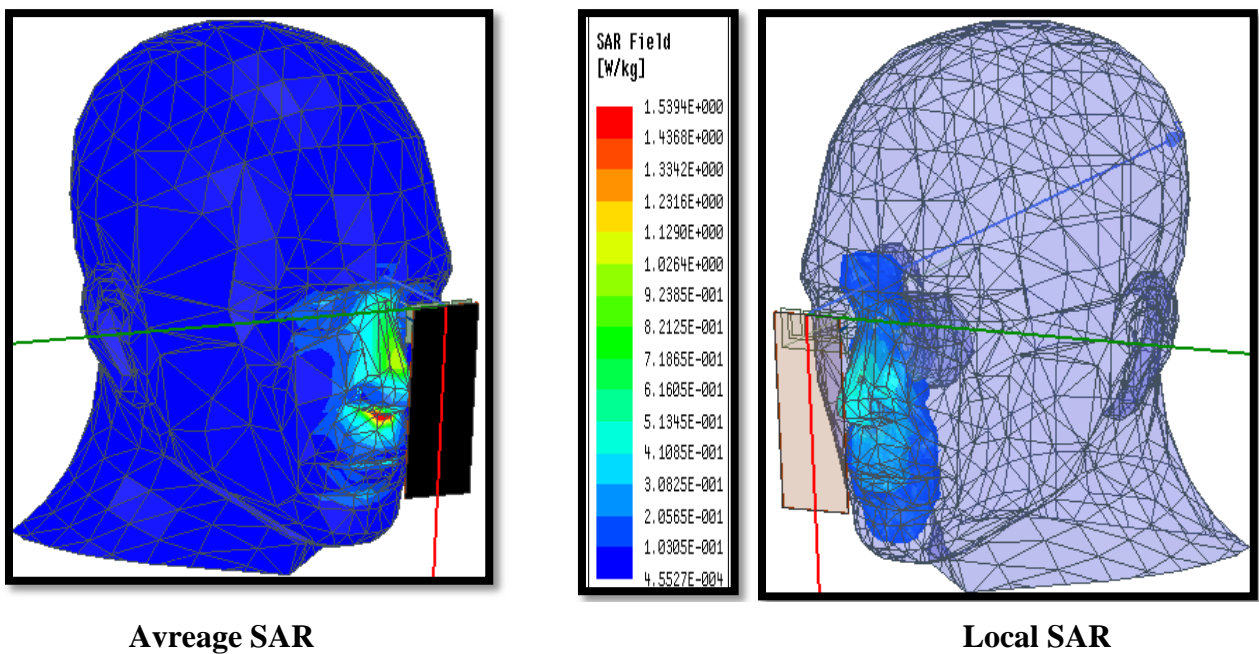
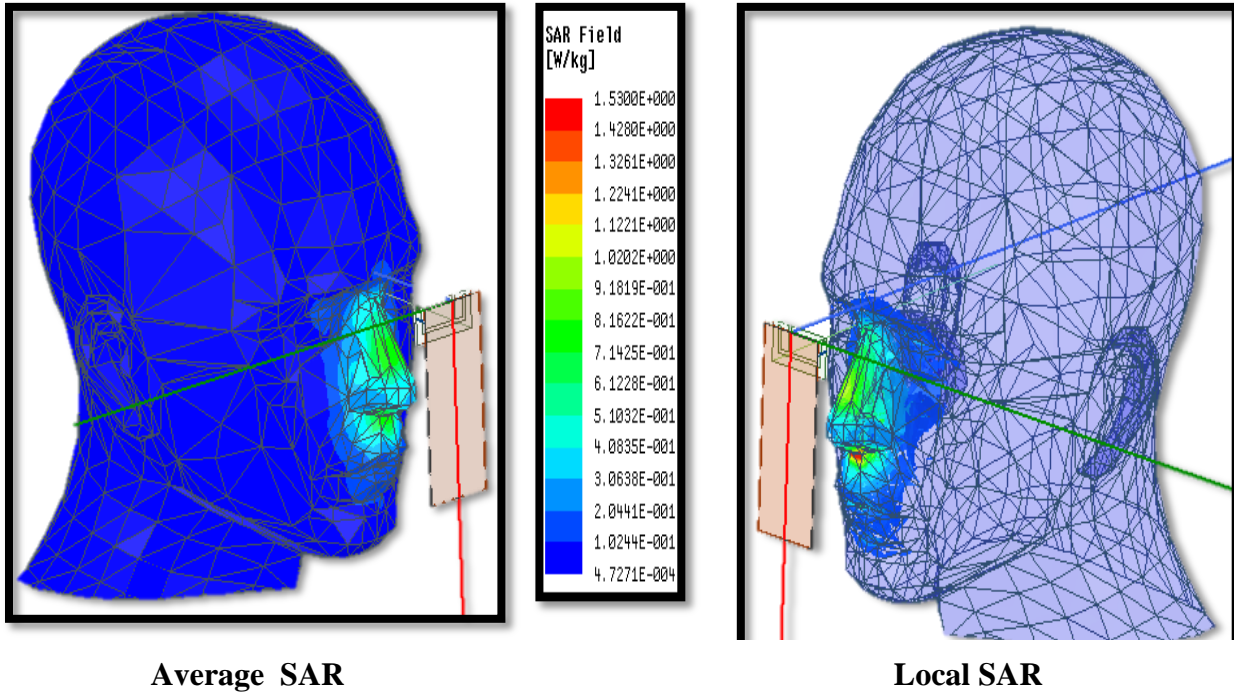


Figure III.15 Distribution SAR de la tête humaine à 1.8 GHz .

III.4.3 L'aposition du téléphone par rapport à visage à distance 8cm à la fréquence 0.9 GHz

➤ Pour 1g de tissus



➤ Pour 10g de tissus

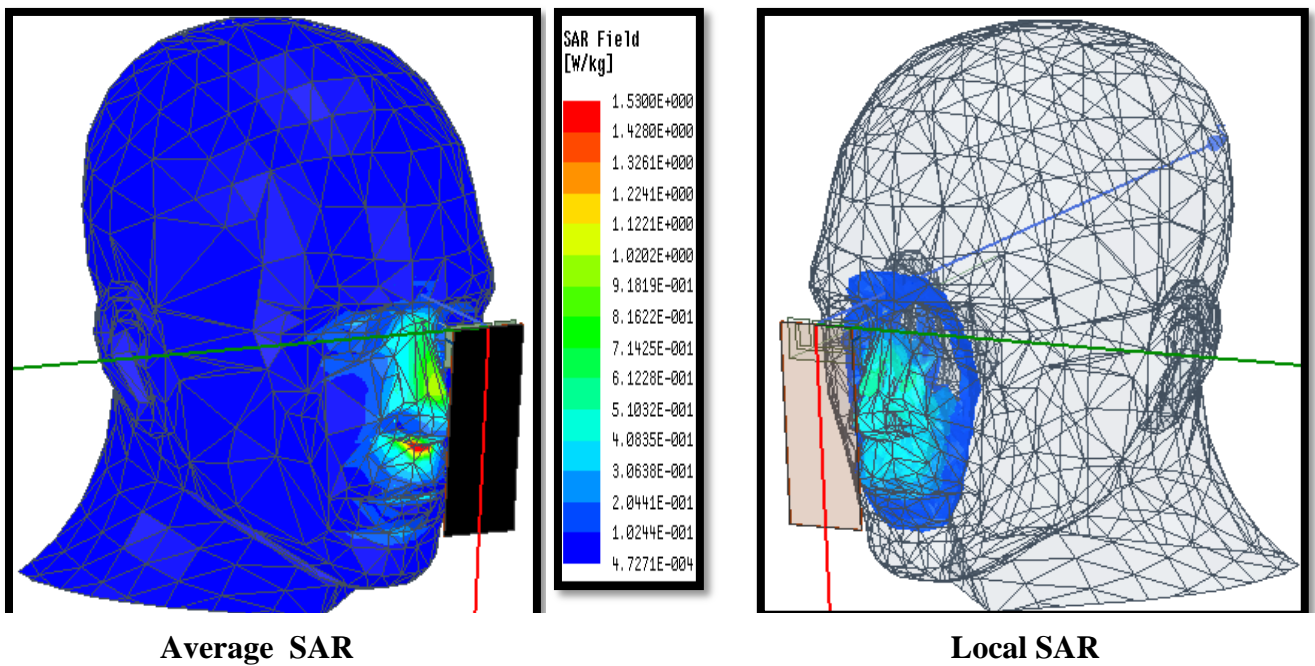
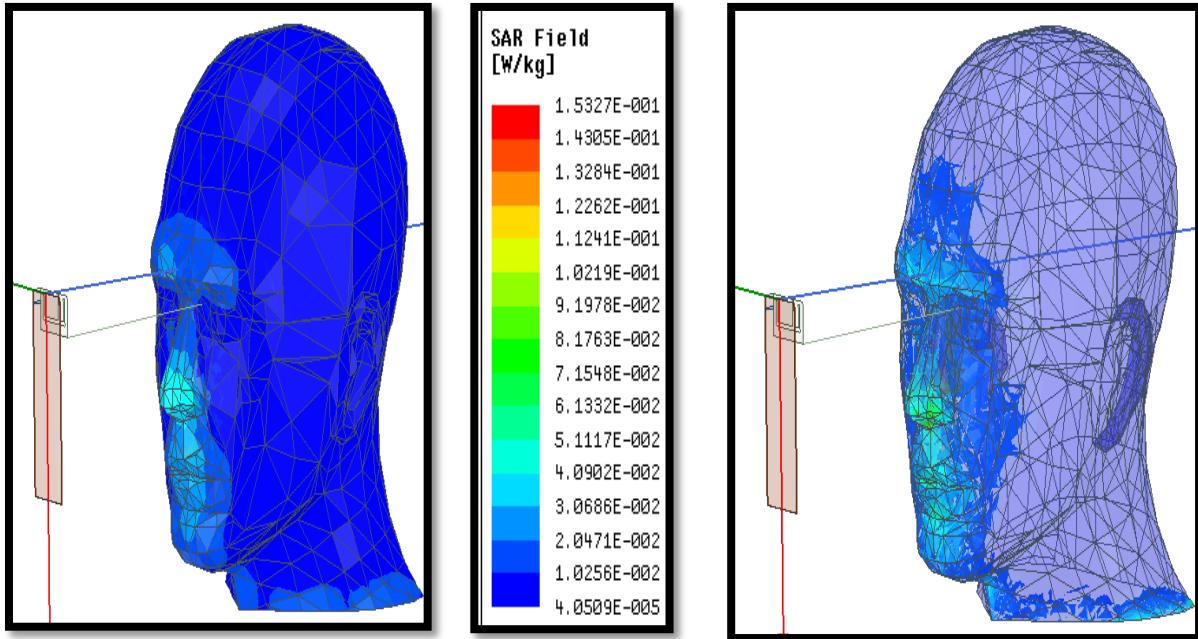


Figure III.16 Distribution SAR de la tête humaine à 0.9 GHz .

III.4.4 La position du téléphone par rapport à visage à distance 15 cm à la fréquence 1.8 GHz

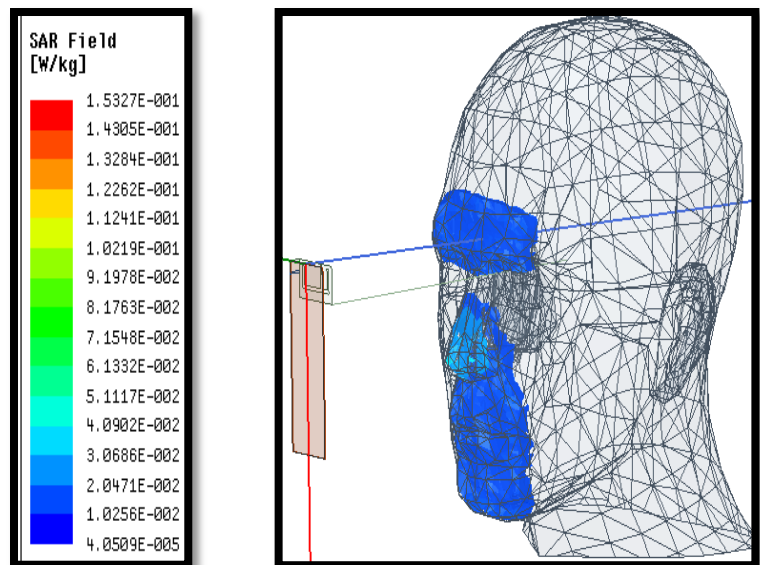
➤ Pour 1g de tissu



Average SAR

Local SAR

➤ Pour 10g de tissus

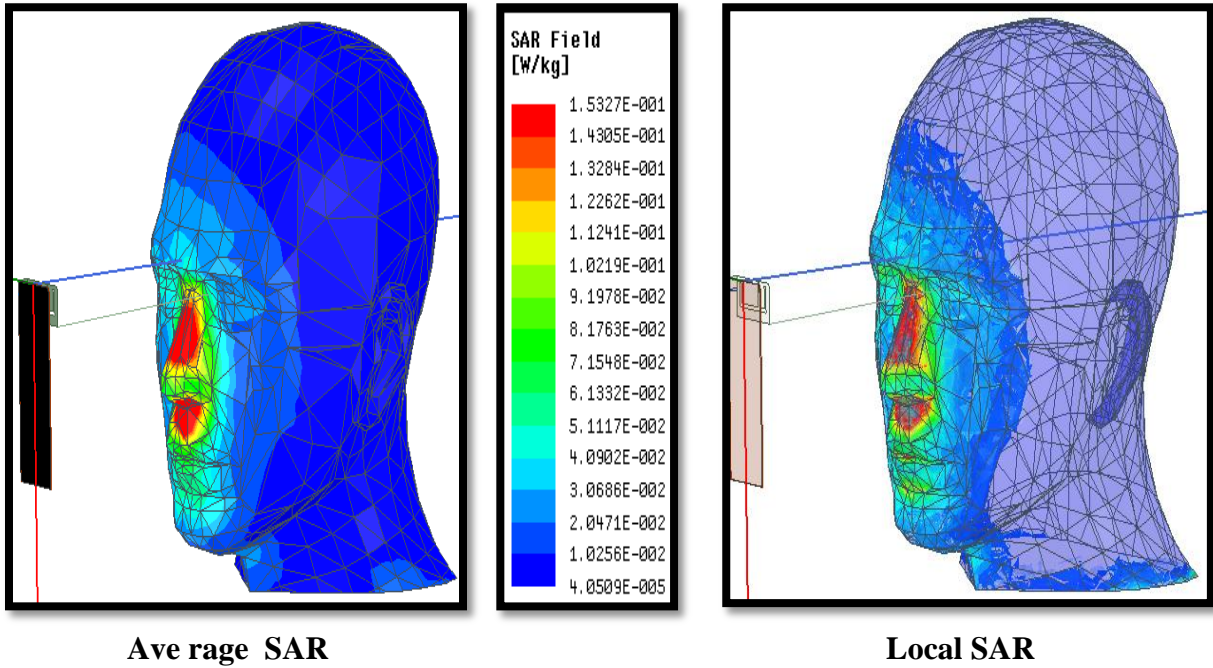


Local SAR

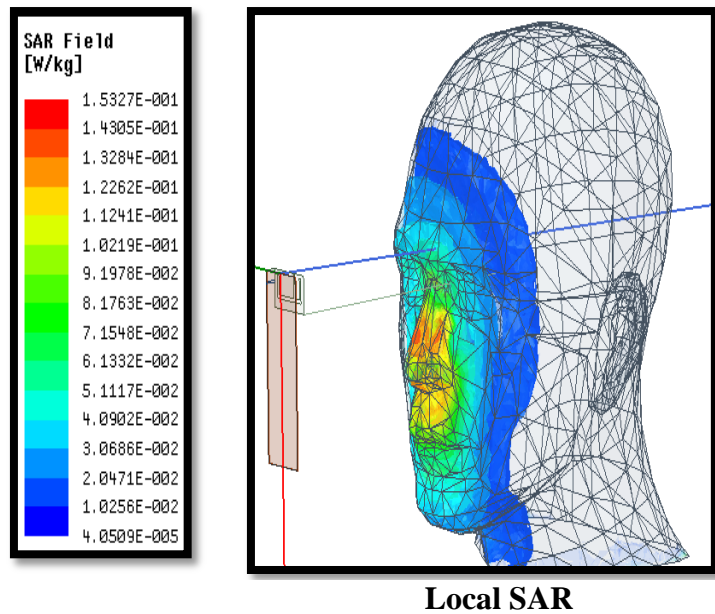
Figure III.17 Distribution SAR de la tête humain à 1.8 GHz .

III.4.5 La position du téléphone par à visage à distance 15 cm à la fréquence 0.9 GHz

➤ Pour 1g de tissus



➤ Pour 10g de tissus



FigureIII.18 Distribution SAR de la tête humaine à 0.9 GHz .

Comme précédemment, nous avons lancé les simulations électromagnétiques et obtenu les résultats en SAR moyenné et local sur 1 gramme et 10 gramme (Table .2)

	<i>La position du téléphone par rapport à visage</i>	<i>Distance 8 cm</i>		<i>Distance 15 cm</i>	
		<i>SAR local</i>	<i>SAR moyenne</i>	<i>SAR local</i>	<i>SAR moyenne</i>
1.8 GHz	1g	1.43W/Kg	0.4W/Kg	0.05W/kg	0.03W/kg
	10g	0.40 W/Kg	0.92W/Kg	0.02W/Kg	0.05W/Kg
0.9 GHz	1g	0.71W/kg	0.61W/kg	0.15W/kg	0.14W/kg
	10g	0.4W/kg	0.92W/kg	0.14W/Kg	1.12W/Kg

Tableau III.3 Comparaison du modèle de tête humaine pour l'analyse SAR .

La distribution maximale du SAR de la tête humain illustrée est indiqué que le SAR maximal est inférieur à la valeur limite standard ; En moyenne et localement sur des tissus de masse 1 g 10 à deux distances différentes (8 cm et 15cm) où l'on observe.

- ✚ Lorsque la distance(15cm) augmente, la valeur de l'absorption spécifique diminue(SAR)
- ✚ lorsque la distance diminue (8cm), la valeur de l'absorption spécifique(SAR) augmente.

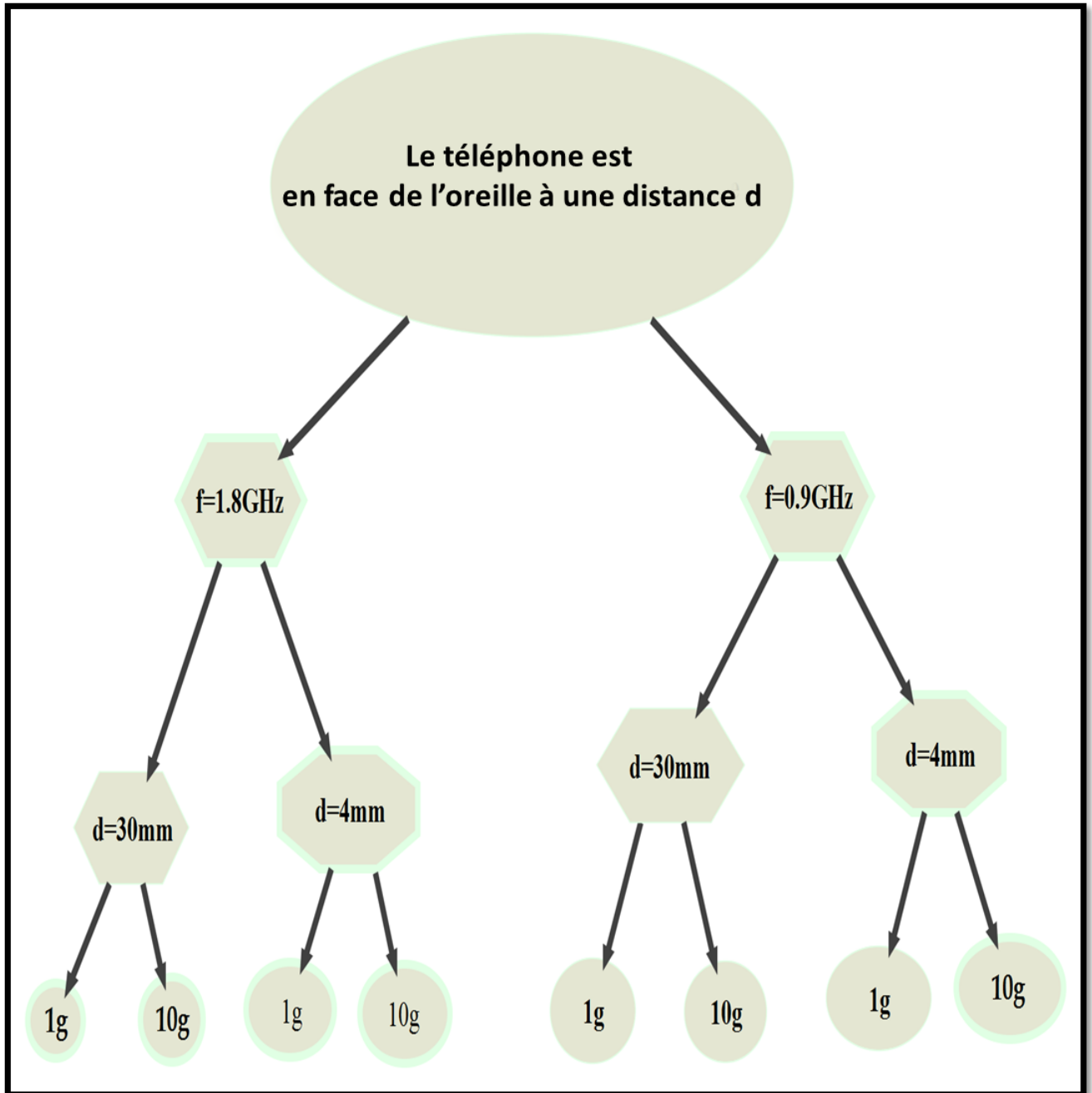
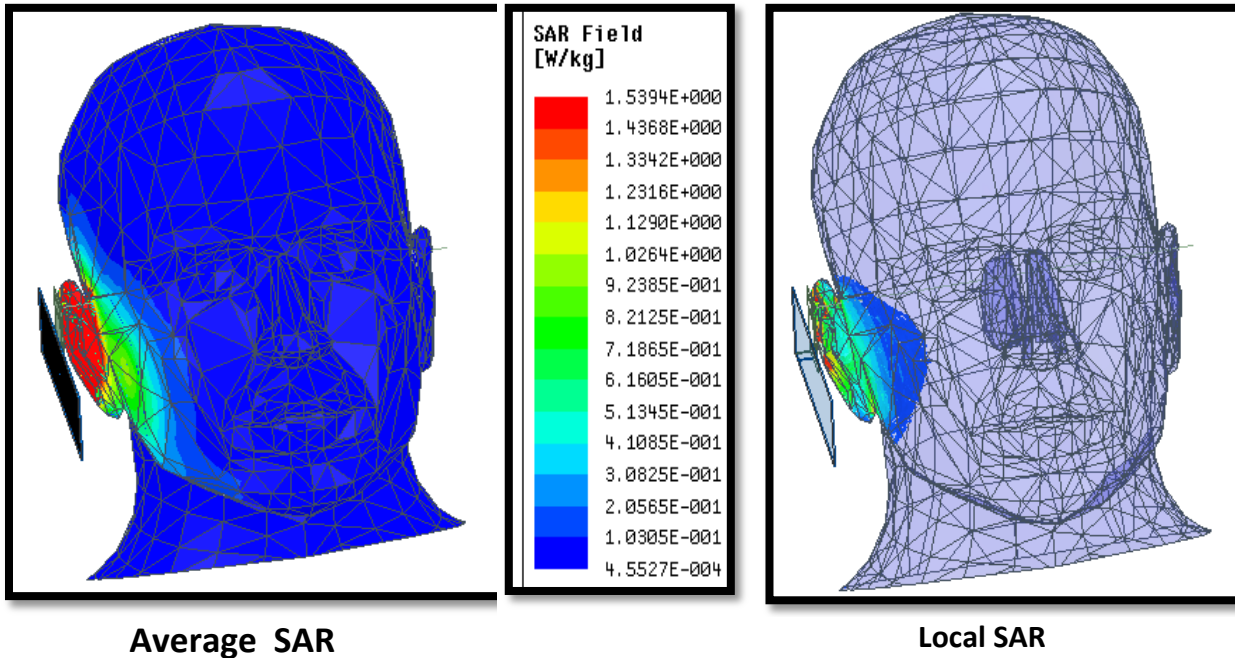


Figure III.19 organigramme de simulation de position 2 .

III.5 La position du téléphone par rapport à l'oreille à distance 4mm à la fréquence 1.8 GHz

➤ Pour 1g de tissus



➤ Pour 10g de tissus

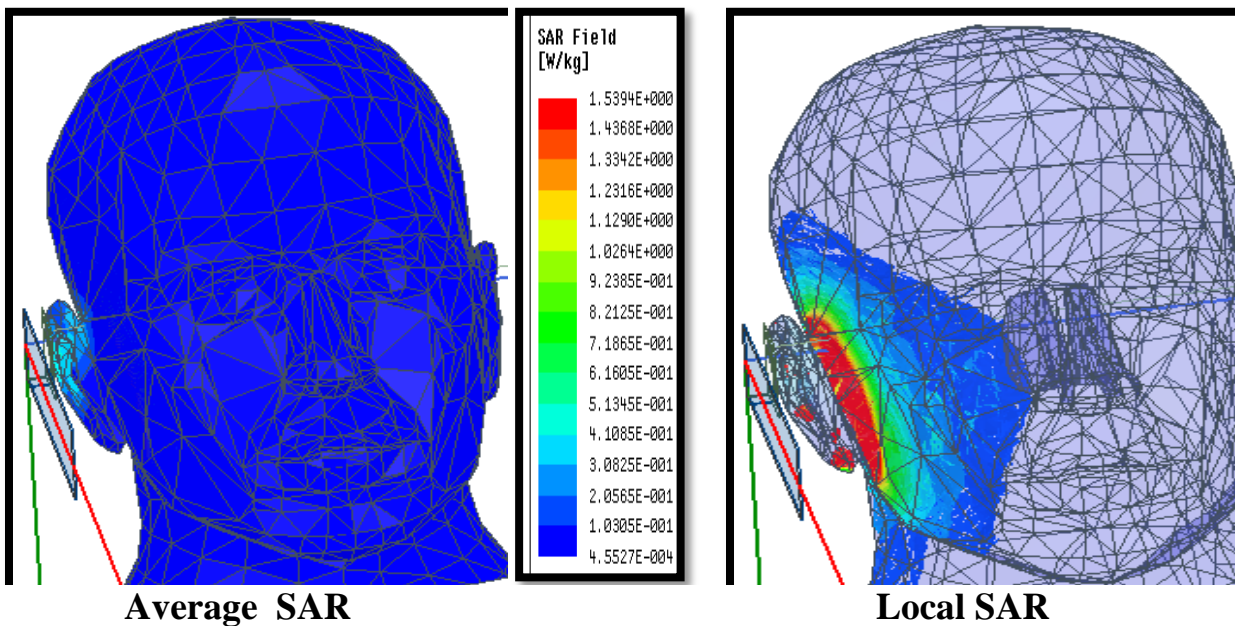
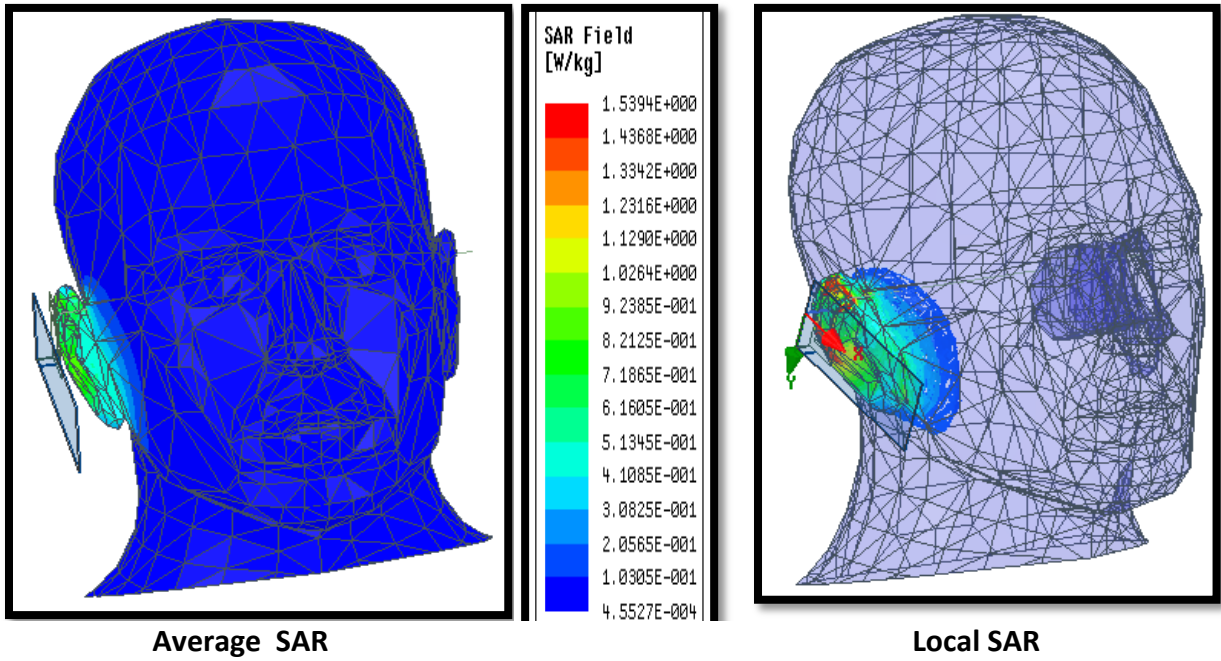


Figure III.20 Distribution SAR de la tête humain à 1.8 GHz .

III.5.1 La position du téléphone par rapport à l'oreille a distance 4mm à la fréquence 0.9 GHz

➤ Pour 1g de tissu



➤ Pour 10g de tissu

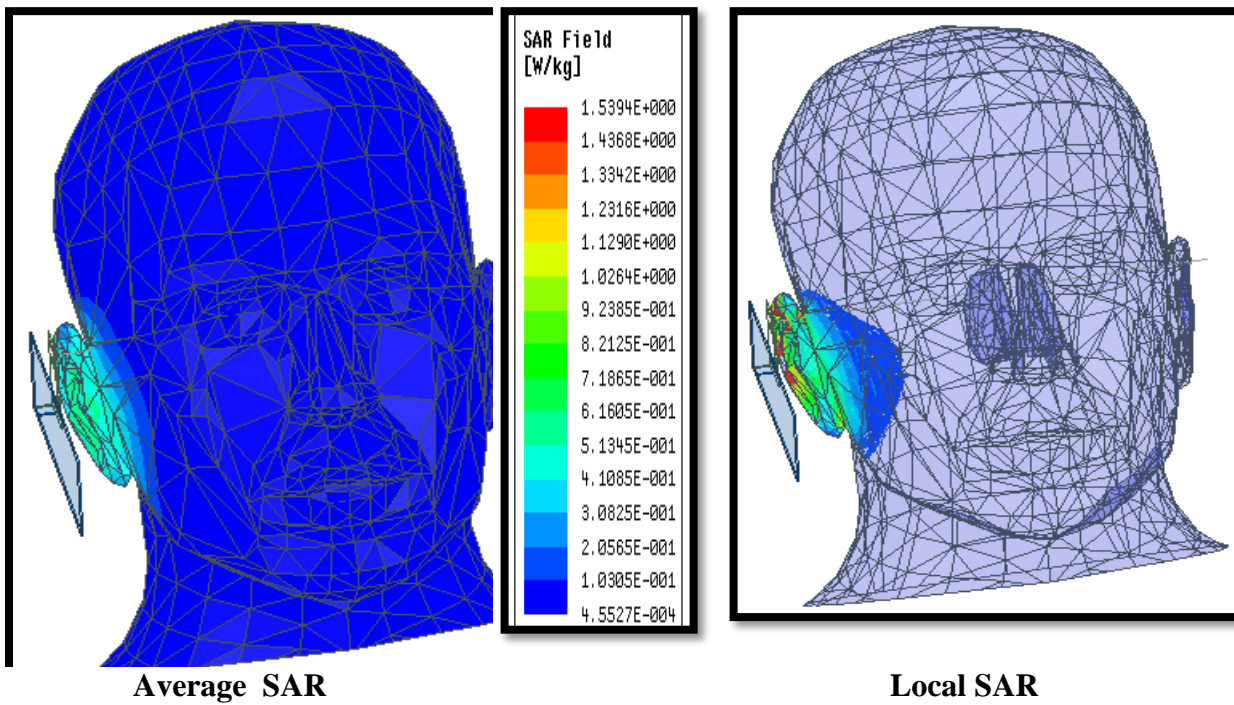
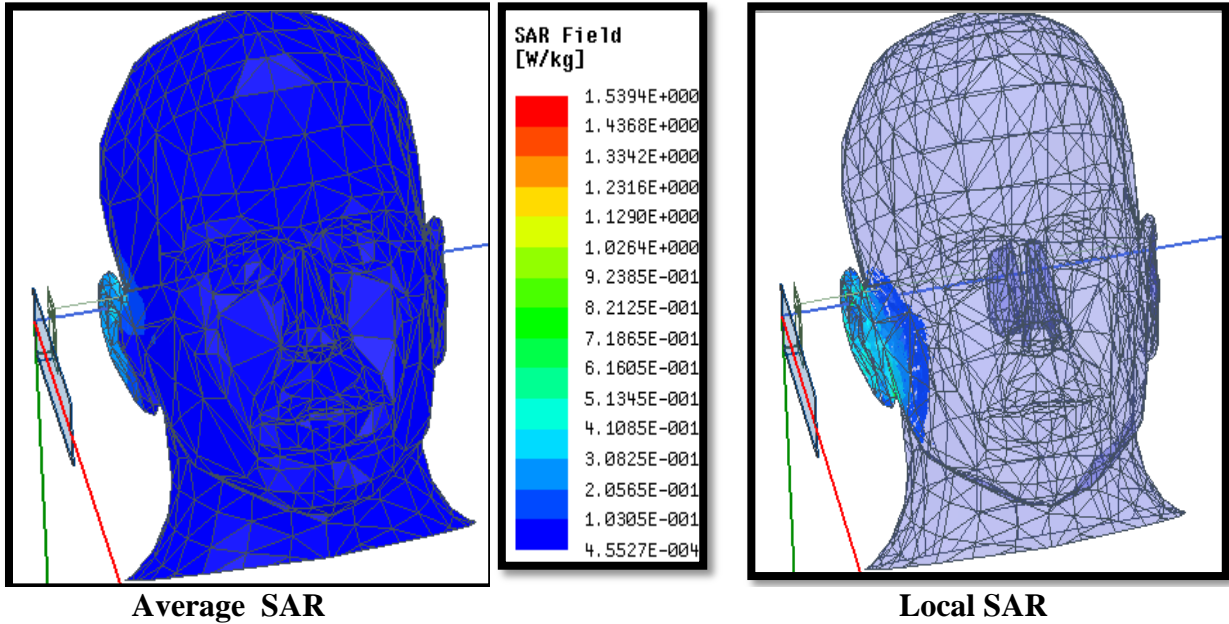


Figure III.21 Distribution SAR de la tête humaine à 0.9 GHz .

III.5.2 La position du téléphone par rapport à l'oreille a distance 30mm à la fréquence 1.8 GHz

➤ Pour 1g de tissus



➤ Pour 10g de tissus

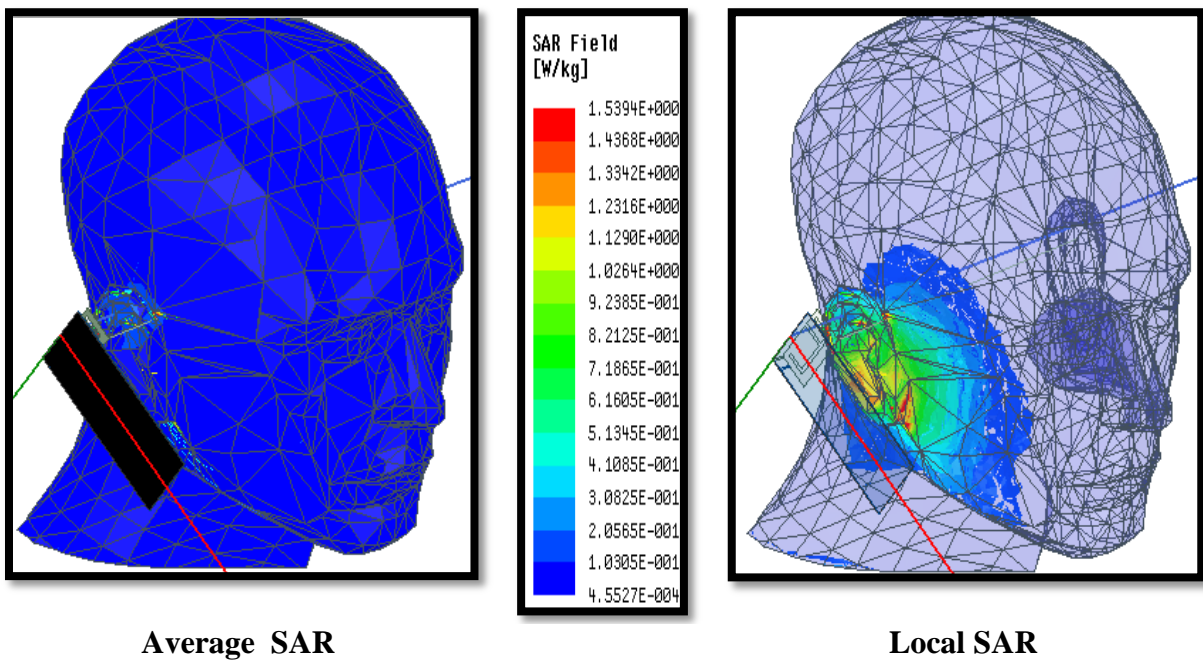
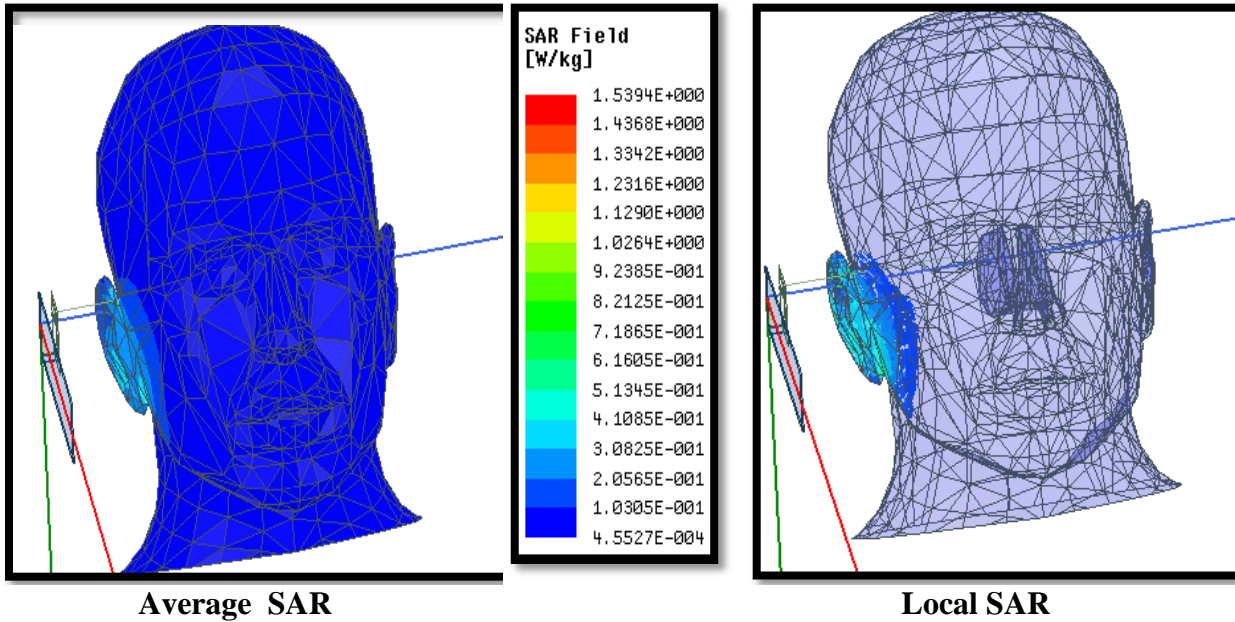


Figure III.22 Distribution SAR de la tête humaine à 1.8 GHz .

III.5.3 position du téléphone par rapport à l'oreille a distance 30mm à la fréquence 0.9 GHz

➤ Pour 1g de tissus



➤ Pour 10g de tissus

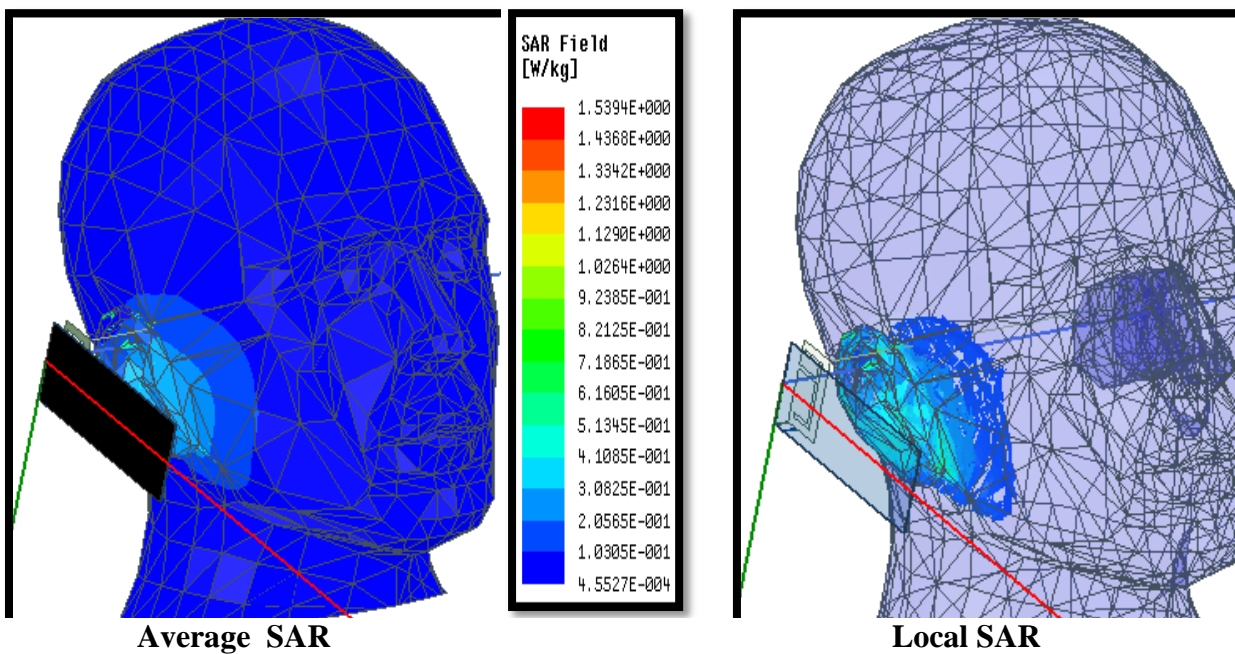


Figure III.23 Distribution SAR de la tête humaine à 0.9 GHz .

Comme précédemment, nous avons lancé les simulations électromagnétiques et obtenu les résultats en SAR moyenné et local sur 1 gramme et 10 gramme Position 2 à l'oreille (Table III.3)

	<i>La position du téléphone par rapport à l'oreille</i>	<i>Distance 4mm</i>		<i>Distance 30mm</i>	
		<i>SAR local</i>	<i>SAR moyenne</i>	<i>SAR local</i>	<i>SAR moyenne</i>
1.8 GHz	1g	1.23W/Kg	1.43W/Kg	0.3W/kg	0.20W/kg
	10g	1.53W/Kg	0.10W/Kg	0.1W/Kg	0.10W/Kg
0.9 GHz	1g	0.3W/kg	0.82W/kg	0.10 W/Kg	0.20W/Kg
	10g	W0.92/kg	0.41W/kg	0.3W/kg	0.20 W/kg

Tableau III.4 Comparaison du modèle de tête humaine pour l'analyse SAR.

D'après le tableau 3, on peut voir que les valeurs SAR locales et moyenne pour les tissus sont de 1 g et 10 g. à deux distances différentes (4mm et 30mm), il est indiqué que le SAR maximal est inférieur à la valeur limite standard où l'on observe

La distance entre l'antenne et la tête est un paramètre très important à mettre en considération

- ✚ La valeur SAR diminue à une distance de 30 mm.
- ✚ Le valeur SAR augmente à une distance de 4 mm.

Il est clair que la valeur du taux d'absorption est affectée par deux facteurs principaux La distance et le fréquence

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons commencé par des connaissances et des informations sur les logiciels «ANSYS HFSS» qui sont utilisés pour la simulation. D'une antenne PIFA double bande utilisée dans les applications mobiles, en termes de S11, de diagramme de rayonnement, de gain et de VSWR, On remarque une bonne amélioration de l'antenne pifa double -bande (0.9GHz et 1.8GHz).et les résultats de la simulation d'antenne PIFA près de la tête humain

en déduit

- ✚ Les résultats obtenus montrent que les valeurs moyennes maximales de SAR supérieures à 1 g et 10 g sur une tête humaine pour toutes les simulations sont bien inférieures à la limite de 1,6 W/kg, qui est recommandée par la FCC et l'ICNIRP.
- ✚ Lorsque la distance augmente, la valeur d'absorption spécifique (SAR) diminue.
- ✚ Lorsque la distance diminue, la valeur SAR

Conclusion générale

L'analyse du rapport SAR est nécessaire pour évaluer les performances de l'antenne. Elle permet de détecter si ce dispositif satisfait aux limites de sécurité. Ce travail c'était une bonne expérience où nous avons bien compris le principe de la conception d'antenne pifa double-bandes qui trouve son application dans les domaines des communications mobiles sans fil. Le rapport SAR (Specific Absorption Rate) c'est un indicateur permettant de mesurer la quantité d'énergie de radiation absorbée par le tissu biologique (le corps humain) c'est une partie d'énergie transportée par les ondes électromagnétiques de l'antenne PIFA , Afin de protéger les humains des éventuels effets biologiques néfastes dus à l'exposition aux radiofréquences (RF)

Dans le premier chapitre, nous avons présenté des généralités sur les antennes Pifa double bande avec leurs applications mobile .

Le deuxième chapitre, a été L'analyse du rapport SAR est nécessaire juger sur l'influence du téléphone sur la santé de l'utilisateur.

Enfin le dernier chapitre, nous avons commencé par établir la conception de notre antenne rectangle par les logiciels HFSS .et d'étudier la valeur SAR maximale de la tête humain lors de l'utilisation d'une antenne PIFA, on compare cette valeur avec la valeur mesurée par IEEE. Pour cette étude, le modèle de tête a été utilisé, ou on distingue deux cas d'utilisation différents dans le premier cas le téléphone est en face du visage à une distance 8 cm, 15 cm dans le deuxième cas le téléphone est en face de l'oreille à une distance d , 4 mm et 30 mm) et l'effet de la fréquence (0,9 GHz, 1,8 GHz)

Les résultats obtenus sont toujours inférieur à la valeur mesurée par IEEE, et montrent que si la distance entre le téléphone portable et la tête humaine est petite, plus l'effet des valeurs de SAR est important, et plus la distance est grande, plus l'effet du SAR est faible. Les résultats de simulation étaient bons par rapport à la valeur limite (2W/Kg) fixé par le Comité International IEEE.

Référence

- [1] C. Chang L. Chen T. Yo et C. Luo F. Huang, C. Lee. Rectenna application of miniaturized implantable antenna design for triple-band biotelemetry communication . s.l. : IEEE Trans .Antennas Propaga, 2011.
- [2] Antenne F inversée
- [3] <http://www.antenna-theory.com/antennas/patches/pifa.php>
- [4] . Villeger, S., Le Thuc, P., Staraj, R., & Kossiavas, G. (2002, November). Antenne PIFA bi-bande. In Proc. 12" Y Int. Symp. on Antennas (JINA 2002) (Vol. 1, pp. 12-14).
- [5] Antenna-Theory.com PIFA_Planar_Inverted_F_Antenna pdf.
ROSU,IULIAN.YO3DAC/VA3IUL, PIFA-Planar Inverted FAntenna
<http://www.qsl.net/va3iul>. [Online]
- [6] Laure Huitema «Conception d'antennes miniatures à base de matériaux innovants pour systèmes de communications mobiles» : Thèse de doctorat de l'université de Limoges, 2011.
- [7] Home » Products » 2x2 Dual Band Internal Module PIFA Antenna w IPEX, RF-1.37
JOURNAL OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE, VOL. 16, NO. 3, 169~181, JUL. 2016.
- [8] Aliou Diallo, “Systèmes multi-antennes pour diversité et MIMO”.Thèse pour obtenir le titre de Docteur en Sciences spécialité Electronique. Novembre 2007 .
- [9] Antenne sur PCB de type IFA 2.4GHz:
- [10] Constantine .A. Balanis, “Modern Antenna Handbook” John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- [11] P. Nepa, G. Manara, A.A. Serra, g. Nenna. “Multiband PIFA for WLAN mobile terminals”, IEEE Antennas Wireless Propaga t Letters, 2005, vol.4, pp. 349 – 350.
- [12] in 2013 international conference on advances in Technology and Engineering
ANTENNES PIFA MONO-BANDE ET MULTI-BANDES GSM, DCS, PCS, UMTS ET WIFI. 2013.
- [13] livre des réseaux sans fils.
- [14] A Review on Modern Age Antennas 1,2,3Department of Electronics and Communication, Baba Banda Singh Bahadur Engineering College, Fatehgarh Sahib, INDIA.
- [15] Mohamad khlouf Munzer, Saidatul Norlyana Azemi, Azremi Abdullah Al-Hadi, Ping Jack Soh, Mohd Faizal Jamlos Advanced Communication Engineering Centre (ACE) CoE, School of Computer and Communication Engineering, Universiti Malaysia Perlis (UniMAP), Pauh Putra, Arau 02600, Malaysia.

- [16] Cyril LUXEY, «Solutions antennaires pour petits objets communicants et techniques de caractérisation associées», thèse doctorat de l'université NICE SOPHIA ANTIPOLIS, 21 Novembre 2008.
- [17] D. Alptekin, The Graduate school of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, "Dual Band Microstrip Implantable Antenna Design for Biomedical Application", August 2015.
- [18] C95.3-1991-IEEE, « Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields RF and Microwave 1992.
- [19] A. Kiourti and I.S. Nikita, "A Review of Implantable Patch Antennas for Biomedical Telemetry: Challenges and Solutions" IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 54, no. 3, pp. 210-228, June 2012.
- [20] Humanoid © 2022 - Frandroid, tous droits réservés 18 mars 2022 • 13:42
- [21] Grangeat, C., Person, C., Picard, D., & Wiart, J. (2003, May). Mesure du Débit d'Absorption Spécifique (das) des téléphones mobiles—contribution du projet como bio à la normalisation internationale. In Annales des télécommunications (Vol. 58, No. 5, pp. 740-765). Springer-Verlag.
- [22] VEYRET, B. (2013, December). LES LIGNES DIRECTRICES DE L'ICNIRP. In Journée SFRP" Expositions professionnelles aux champs électromagnétiques 0-300 GHz: La nouvelle directive Européenne 2013/35/UE".
- [23] IOANA, C. (2014). L'HABILITATION À DIRIGER LES RECHERCHES DE L'INSTITUT POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE (Doctoral dissertation, GIPSA-lab).
- [24] André, A., & Filion, N. Les représentations sociales de l'impact des ondes électromagnétiques provenant des téléphones portables chez les jeunes de 18-24 ans en Région Bruxelles-Capitale.
- [25] Aurengo, A. (2014). Exposition aux ondes électromagnétiques. La santé publique ne doit pas être un enjeu politique. L'ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE, 147.
- [26] Mobile Phone Antenna Design Nazem Alsmadi W P By & Khalid Saif
- [27] Quel est le taux de rayonnement (DAS) de votre GSM
- [28] SOUAF, Z. (2017). Téléphone portable: Danger, risque et effet sur la santé (Doctoral dissertation).
- [29] Elio, R. (2012). Peut-on réduire les externalités négatives du cycle de vie d'un Smartphone? (Doctoral dissertation, Haute école de gestion de Genève).
- [30] <https://www.servicesmobiles.fr/cest-quoi-le-das-de-votre-smartphone-62321>.

[31] Moisescu, G. M. (2007). Effets des champs électromagnétiques sur la membrane cellulaire et applications biomédicales potentielles (Doctoral dissertation, Paris 11).

[32] Kozlov, M., & Turner, R. (2010). A comparison of Ansoft HFSS and CST microwave studio simulation software for multi-channel coil design and SAR estimation at 7T MRI. *Piers online*, 6(4), 395-399.

[33] Grégory. BEDDELEEM. «Antennes multistandards combinées à polarisations Multiples pour les applications spatiales » : université de Nice-Sophia Antipolis avril 2008.