République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École NATIONALE POLYTECHNIQUE

DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE

Mémoire de Master

En Électronique

Thème :

Méthode de conception de l'antenne dipôle fractale à forme de Koch

Encadré par :

Pr: R. AKSAS

Réalisé par :

BOUTELDJA Hocine

Promotion : Juin 2015

Remerciements

Je remercie avant tout Dieu, le Tout Puissant, pour m'avoir donné, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaire, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles qui se sont hissées au travers de mon chemin, tout au long de la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à mon promoteur Pr : R. AKSAS pour les conseils qu'il m'a prodigué et pour m'avoir guidé tout au long de la réalisation de mon travail.

Je tiens à remercier aussi, l'ensemble de mes professeurs du département Électronique, pour m'avoir éclairé durant ces dernières trois années.

J'adresse aussi mes remerciements aux membres du jury, non seulement pour avoir accepté de consacrer du temps pour la lecture de ce document, mais également pour me permettre de leur présenter le résultat de ce travail.

Et enfin je remercie toute personne ayant contribuée de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :
À la mémoire de mon père,
À ma mère et ma sœur,
À mon oncle et ma grand-mère,
À toute ma famille et mes amis

Table des matières

Remerciements **I**

Dédicaces **II**

Table des matières **III**

Table des figures **IV**

Introduction Générale **1**

1 Présentation de la géométrie fractale **2**
1.1 Introduction 2
1.2 Propriétés des formes fractales 3
1.2.1 L'autosimilarité 3
1.2.2 La dimension fractale 3
1.3 Différentes Formes Fractales 3
1.3.1 Les courbes fractales 3
1.3.1.1 La courbe de Koch 4
1.3.1.2 Fractale de Minkowski 4
1.3.1.3 L'arbre fractale 4
1.3.2 Les surfaces fractales 5
1.3.2.1 L'étoile de Koch 5
1.3.2.2 Le triangle de Sierpinski 5
1.4 Les antennes fractales 6
1.4.1 L'antenne de Minkowski 6
1.4.2 L'antenne de l'arbre fractal 6
1.5 Conclusion 7

2 Méthode de conception de l'antenne dipôle utilisant la courbe de Koch **8**
2.1 Introduction 8
2.2 La technique de fractal de koch 8
2.2.1 Le système de fonctions itératives (le langage des fractals) 10
2.2.2 Application de la technique « IFS » à la courbe de Koch 10
2.2.3 Généralisation de l'IFS pour les courbes de Koch 12
2.2.4 Conception des antennes dipôle fractales 13
2.3 Conclusion 13

Conclusion générale **14**

Bibliographie **15**

Table des figures

1.1 Trois premières itérations de la courbe de Koch 4
1.2 Génération de la fractale de Minkowski 4
1.3 Trois premières itérations d'un arbre fractal 5
1.4 Etoile de Koch 5
1.5 Génération de la géométrie d'un triangle de Sierpinski 6

2.1 Les quatre segments qui forment la forme générale du fractal de Koch . . . 9
2.2 Courbe de Koch 9
2.3 La courbe standard de Koch comme un système de fonctions itiératives . . 11
2.4 Première itération de la courbe de Koch 11
2.5 Quatre premières itérations de la courbe de Koch 12
2.6 Fréquence de résonance pour les cinq premières itérations de Koch 13

Introduction Générale

Dans un système de communication, les antennes sont des composants à part entière nécessitant une étude particulière. Tout en cherchant à améliorer les performances d'une antenne, on doit l'adapter aux applications les plus récentes. L'antenne doit également répondre aux contraintes de multiplication de bandes de fréquences et d'intégration dans l'architecture des terminaux. Enfin, les caractéristiques des antennes doivent être peu influençables par l'environnement.

Les progrès concernant la multiplication des bandes de fréquences ont généré un besoin croissant d'antennes multi-bandes ou large-bandes. En effet, l'emploi de telles antennes s'est généralisé dans les divers systèmes de télécommunications modernes. Cependant, la diversité des caractéristiques de différentes bandes à couvrir (la forme des diagrammes de rayonnement, le type de polarisation, la largeur de bande nécessaire) ont augmenté la difficulté de la conception de ces antennes. Les antennes permettant un contrôle de ces caractéristiques pour les différentes bandes de fréquences et présentant une méthodologie de dimensionnement aisée sont très appréciées.

La géométrie fractale est une extension de la géométrie euclidienne. Son introduction a constitué une opportunité pour les antennistes pour découvrir de nouvelles configurations d'antennes. Le terme antenne « fractale » est un abus de langage. Les antennes étudiées ont juste des formes pré-fractales : ce sont des itérations plus ou moins élevées alors que la forme fractale est le résultat d'une itération à l'infini.

En dehors de leur utilisation pour obtenir des antennes multi-bandes, les fractals peuvent également être utilisés pour la miniaturisation des antennes. Ils trouvent également quelques applications dans la conception des antennes large-bandes ou dans la conception des antennes directives.

Ce mémoire contient deux chapitres :
Dans le premier chapitre, je vais représenter les géométries fractales en générales, et je vais exposer quelques structures des antennes fractales.

Dans le deuxième chapitre, je vais introduire l'antenne fractale à géométrie de koch en exposant le système de fonctions itérative (IFS) qui permet la génération des antennes fractales de forme de koch.

Chapitre 1

Présentation de la géométrie fractale

1.1 Introduction

Depuis l'antiquité, la géométrie utilisée pour décrire le monde était la géométrie euclidienne. Cette géométrie décrit facilement plusieurs objets de la nature tels que les cercles, les carrés, les triangles, les rectangles, les cônes de sphères ou de cubes. Néanmoins, nous pouvons facilement remarquer qu'il y a dans la nature des formes et des objets que nous ne pouvons pas définir à l'aide de ces figures géométriques conventionnelles et dès qu'il s'agit de décrire des objets très irréguliers cette géométrie atteint ses limites. Cela a mené les scientifiques à inventer de nouveaux modèles pour tenter d'expliquer cette irrégularité de la nature. Ce qui a permis l'émergence d'une nouvelle géométrie, appelée « géométrie fractale », qui permet de modéliser un nombre important de formes naturelles.

Le mot « Fractale » est inspiré du mot latin « Fractus » qui signifie irrégulier ou brisé. Ce sont des objets infinis possédant une structure géométrique répétitive et auto-similaire.

Ces formes fractales, générées d'une façon itérative, peuvent être déterministes ou aléatoires :

- Déterministe : si les paramètres de la fractale sont gardés constants à chaque itération.
- Aléatoire : si un de ces paramètres change d'une façon aléatoire le long de l'opération de génération.

Ces derniers sont les plus utilisées dans la pratique, et peuvent servir à décrire de nombreux objets extrêmement irréguliers du monde réel (les montagnes, les lignes des côtes, les nuages . . .).

1.2 Propriétés des formes fractales

Il existe deux raisons pour lesquelles il est intéressant de concevoir des antennes dont La géométrie est fractale

1.2.1 L'autosimilarité

On dit qu'un objet est auto-similaire (ou invariant d'échelle) lorsqu'il conserve sa forme, quelle que soit l'échelle à laquelle on l'observe.

Notant que l'auto-similarité des structures fractales naturelles s'arrête à un certains moment et, par conséquent, ce ne sont pas vraiment des structures fractales à l'infini

1.2.2 La dimension fractale

La deuxième raison est que les propriétés d'occupation de l'espace de certaines formes fractales (caractérisées par la dimension fractale)devraient permettre à de petites antennes de forme fractale de mieux tirer avantage du petit espace l'entourant.

Pour introduire le concept de la dimension fractale, il est d'abord indispensable de parler de la dimension euclidienne, on sait qu'un point a une dimension nulle (D=0), qu'une droite a pour dimension D=1, que la dimension d'une surface est D=2 et que celle d'un volume est D=3, c'est la définition de la dimension euclidienne ou topologique.
Pour toutes ces figures classiques, le calcul de cette dimension s'arrête donc sans surprise aux valeurs 1, 2, 3. Mais pour certaines figures, elle n'est pas entière comme c'est le cas pour les objets de la géométrie fractale.
Pour des fractales constituées de N copies d'une certaine forme originale, construites à chaque itération et pondérées par un facteur de similarité s, la relation de la dimension fractale est définie par [11] :

$$D = \frac{log(N)}{log(s)} \tag{1.1}$$

Ces formes fractales peuvent donc avoir une dimension non entière, comprise entre 0 et 2. Plus cette dimension s'approche de 2, plus la fractale est irrégulière et si la dimension est vraiment très proche de 2, alors la courbe est tellement irrégulière qu'elle remplit presque tout le plan qui, rappelons-le, est bidimensionnel.

1.3 Différentes Formes Fractales

Il existe une très grande variété de figures ou formes fractales qu'on peut classer en trois catégories :

- Les courbes fractales.
- Les surfaces fractales.
- Les volumes fractals.

1.3.1 Les courbes fractales

Il existe plusieurs formes des courbes fractales, on peut citer :

1.3.1.1 La courbe de Koch

La fractale de Koch est aussi l'une des premières courbes fractales à avoir été décrite en 1906 par le mathématicien Suède Helge Von Koch [3].

La construction géométrique de la courbe standard de Koch est assez simple. On commence par une ligne droite, appelée l'initiateur. Ce dernier sera divisé en trois parts égales et le segment du milieu sera remplacé lui aussi par deux autres de la même longueur. C'est la première translation réitérée de la géométrie appelée générateur ou fractale de Koch d'ordre 1. On refait le même processus pour chacun de ces quatre nouveaux segments et ainsi de suite, comme le montre la figure 1.1

Figure 1.1 – Trois premières itérations de la courbe de Koch [6].

1.3.1.2 Fractale de Minkowski

Comme le montre la figure I.4, le modèle de démarrage pour la génération de cette fractale est un carré (modèle initial) considéré comme l'itération 0. Une première itération consiste à remplacer chaque segment du carré par un générateur qui se constitue de 5 segments, et ainsi de suite.

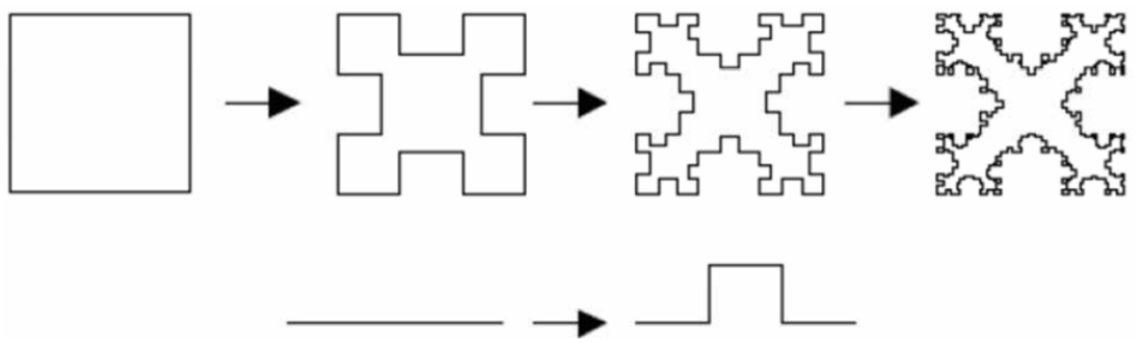

Figure 1.2 – Génération de la fractale de Minkowski [12].

1.3.1.3 L'arbre fractale

Pour générer ce type de fractale, on commence par une "tige" et on permet ensuite à une de ses extrémités de s'embrancher au loin dans deux directions différentes séparées par un angle de rotation . À la prochaine étape de l'itération, chacun de ces branches est laissée s'embrancher au loin encore, et le processus est répété infiniment.

Figure 1.3 – Trois premières itérations d'un arbre fractal [12].

1.3.2 Les surfaces fractales

1.3.2.1 L'étoile de Koch

Cette forme s'obtient à partir d'un triangle équilatéral au lieu d'un segment de droite en Opérant les modifications par l'orientation des triangles vers l'extérieur. Ainsi, lorsqu'on Accole trois courbes de Koch aux sommets d'un triangle équilatéral on obtient l'étoile de Koch (Koch Island) comme le montre la figure 1.4.

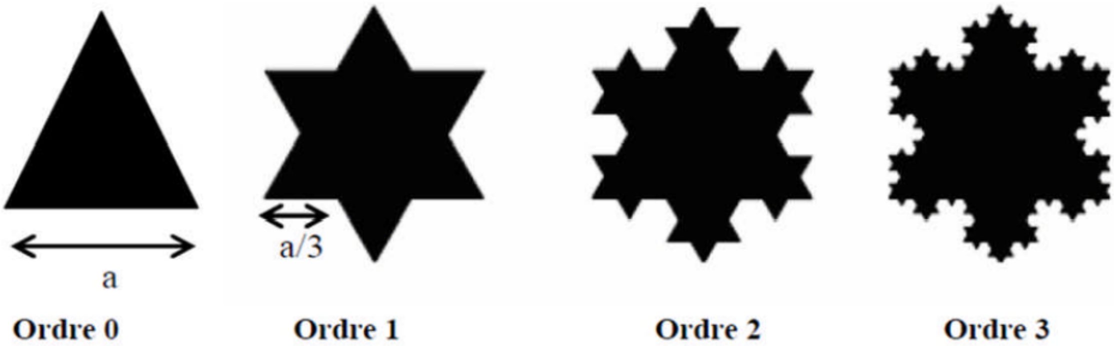

Figure 1.4 – Etoile de Koch [1].

1.3.2.2 Le triangle de Sierpinski

La fractale de Sierpinski apparue en 1915 est l'une des formes fractales les plus utilisée. Elle est baptisée du nom de Waclaw Sierpinski, le mathématicien polonais qui l'a intensivement étudié [4].

La génération du triangle se base sur deux méthodes à savoir : l'approche copie multiple, ou l'approche de décomposition. Dans la première, on commence par un petit triangle. Deux copies supplémentaires de ce triangle de la même taille sont produites et collées au triangle original. Ce processus peut être répété n fois, n étant l'ordre de l'itération fractale. Dans l'approche de décomposition, on commence par un grand triangle entourant la géométrie entière. Les points médians des côtés sont joints ensemble, et un espace creux au milieu est créé. Ce processus divise le triangle original à trois versions réduites du plus grand triangle. Le même processus de division peut être réalisé sur chacune des copies.

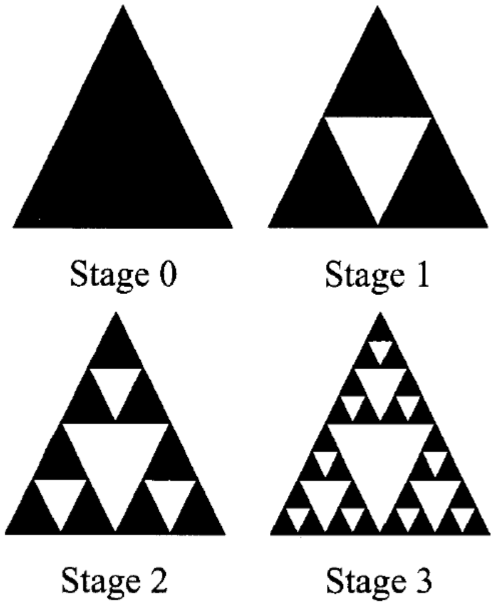

Figure 1.5 – Génération de la géométrie d'un triangle de Sierpinski [1].

1.4 Les antennes fractales

Historiquement avant même la découverte des fractales par Mandelbrot, des antennes fractales étaient déjà utilisées. En effet, durant les 50 dernières années, des antennes «à périodes logarithmiques », ont été utilisées sans que l'on se rend compte que l'on manipulait les fractales. En 1988, Nathan Cohen développa une antenne « à rang logarithmique » où il a installé une station de radio amateur à sa demeure, et ce n'est qu'en 1995, qu'il a fait le lien entre ces antennes et les fractales.

On peut considérer les antennes fractale comme étant une application direction des formes fractales,d'où l'existence de plusieurs types ou formes d'antennes fractales.

1.4.1 L'antenne de Minkowski

L'antenne de Minkowski est l'une des antennes dont la géométrie fractale a la forme d'une boucle. Ces formes ont la particularité d'avoir un périmètre très important comparé à celui des antennes classiques, et qui tend vers l'infini lorsqu'on augmente le nombre d'itération tout en restant confiné dans un espace réduit. D'où leur intérêt pour la conception des antennes cadres résonnantes car le fait d'accroître le périmètre avec les fractales permet d'élever l'impédance d'entrée de l'antenne, ce qui est très avantageux du point de vue de l'adaptation d'impédance entre les ligne de transmission et les antennes cadres réduites.

1.4.2 L'antenne de l'arbre fractal

Les arbres fractals, sont des géométries inspirées de la nature, les auteurs ont montrées que ces formes peuvent réaliser des antennes à large bande et à dimensions réduites.

1.5 Conclusion

Le concept des fractales offre une compréhension sur de nombreux phénomènes naturels ou artificiels, et il est devenu donc un nouveau champ des mathématiques qui permet d'étudier avec succès plusieurs objets dont la forme est extrêmement irrégulière, spécialement dans le domaine des antennes.

Dans ce premier chapitre, j'ai donné un bref aperçu sur la géométrie des fractales et j'ai avons exposé brièvement les différentes structures géométriques.

Chapitre 2

Méthode de conception de l'antenne dipôle utilisant la courbe de Koch

2.1 Introduction

Ces deux dernières décennies, plusieurs chercheurs ont exploité et appliqué les formes fractales dans le domaine de l'électromagnétisme et les télécommunications notamment dans la conception et la réalisation d'antennes.

Ce chapitre a pour objectif d'étudier la méthode de conception d'une antenne dipôle utilisant la géométrie fractale de Koch.

2.2 La technique de fractal de koch

La réalisation d'antennes de type dipôle en utilisant la géométrie fractale permet de réduire la dimension totale de la géométrie d'une antenne tout en gardant la même longueur effective [5].

La construction géométrique de la courbe standard de Koch est assez simple. On commence par une ligne droite, appelée "l'initiateur". Ce dernier sera divisé en trois parts égales et le segment du milieu sera remplacé lui aussi par deux autres de la même longueur. C'est la première translation réitérée de la géométrie appelée "générateur" ou fractale de Koch d'ordre 1.(figure 2.1)

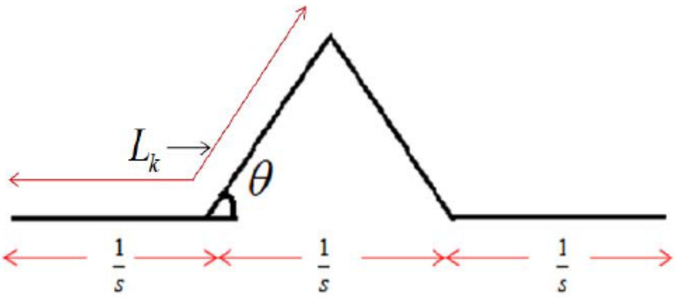

Figure 2.1 – Les quatre segments qui forment la forme générale du fractal de Koch [10].

S est le facteur d'échelle qui dépend de d'un angle θ (angle d'indentation ou angle de rotation). θ est pris généralement comme 60°. Ainsi, le facteur d'échelle S sera égal à 3. Le facteur d'échelle est donné comme suit :

$$s = 2(1 + \cos\theta) \tag{2.1}$$

On refait le même processus pour chacun de ces quatre nouveaux segments et ainsi de suite, comme le montre la figure 2.2.

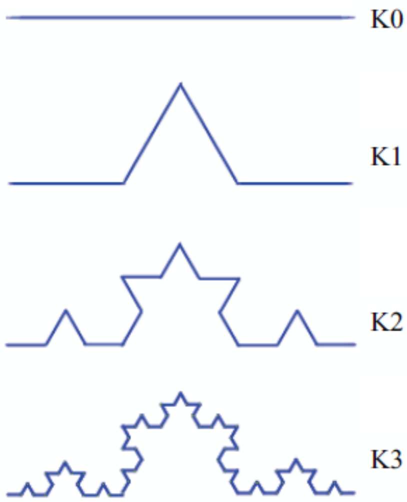

Figure 2.2 – Courbe de Koch [7].

Ce type de courbe présente une particularité bien curieuse. La première réflexion conduit à spéculer que le périmètre de cette figure tend vers une valeur limite finie, puisqu'on ajoute des détails de plus en plus petits au fur et à mesure des itérations successives. Mais en réalité, à la première itération la longueur l de la ligne droit est remplacée par 4 segments de longueur $l/3$; à la deuxième elle devient $16(l/9)$...etc.

À chaque itération la longueur est donc multipliée par 4/3, ce qui signifie que la longueur d'une courbe de Koch tend vers l'infini pour un nombre d'itérations n infini [8] :

$$L_n = L_0(\frac{4}{3})^n \tag{2.2}$$

avec :

- L_n :La longueur totale effective de l'antenne fractal Koch à l'itération n
- L_0 :La longueur effective de l'antenne initiale (appelé initiateur de Koch)
- n : nombre d'itérations

Si la longueur de la courbe augmente rapidement avec n, le secteur englobant la forme résultante demeure constant. Cette propriété peut être employée pour réduire au minimum l'utilisation de l'espace pour la conception d'antennes.

2.2.1 Le système de fonctions itératives (le langage des fractals)

Le Système de fonctions itérative (IFS) représentent une très polyvalent procédé pour générer facilement une grande variété de structures fractales utiles. Ces systèmes de fonctions itérées sont sur la base de l'application d'une série de transformations affines, W, définie par

$$\mathbf{w}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \tag{2.3}$$

Ou, de façon équivalente, par .

$$w(x, y) = (ax + by + e, cx + dy + f)$$

Où a, b, c, d, e et f sont des nombres réels. Par conséquent, la transformation affine, w, est représenté par six paramètres :

$$\begin{pmatrix} a & b & | \, e \\ c & d & | \, f \end{pmatrix}$$

de telle sorte que a, b, c et d permettent la rotation et le redimensionnement alors que, e et f contrôle la translation linéaire.

Supposons maintenant que nous considérons $w_1, w_2, ..., w_N$ comme un ensemble de transformations affine linéaires, et soit "A" la géométrie initiale. Une nouvelle géométrie, produite en appliquant l'ensemble des transformations à la géométrie d'origine, A, et en rassemblant les résultats des transformations $w_1(A), w_2(A), ..., w_N(A)$ peut être représenté par :

$$W(A) = \bigcup_{n=1}^{N} w_n(A) \tag{2.4}$$

Où "W" est connue comme l'opérateur de Hutchinson[1]

2.2.2 Application de la technique « IFS » à la courbe de Koch

Une géométrie fractale peut être obtenue en appliquant l'opérateur W à plusieurs fois à la géométrie. Par exemple, si l'ensemble A_0 représente la première géométrie, alors nous aurons :

$$A_1 = W(A_0), \;\; A_2 = W(A_1), ..., A_{k+1} = W(A_k)$$

Les quatre transformations (w_1, w_2, w_3, w_4) peuvent être appliquées à la courbe de Koch, pour un angle de rotation de 60°, sous la forme [11] :

$$\mathbf{w}_1 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ c & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \tag{2.5}$$

$$\mathbf{w}_2 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3}\cos 60° & \frac{-1}{3}\sin 60° \\ \frac{1}{3}\sin 60° & \frac{1}{3}\cos 60° \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{3} \\ 0 \end{pmatrix} \tag{2.6}$$

$$\mathbf{w}_3 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3}\cos 60° & \frac{1}{3}\sin 60° \\ \frac{-1}{3}\sin 60° & \frac{1}{3}\cos 60° \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3}\sin 60° \end{pmatrix} \tag{2.7}$$

$$\mathbf{w}_4 \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{2}{3} \\ 0 \end{pmatrix} \tag{2.8}$$

La figure 2.3 illustre la procédure du système de fonction itérative pour générer la courbe fractale de Koch bien connue. Dans ce cas-là, l'ensemble initial, A_0 est l'intervalle de longueur d'unité de ligne $A_0 = \{x : x \in [0, 1]\}$.

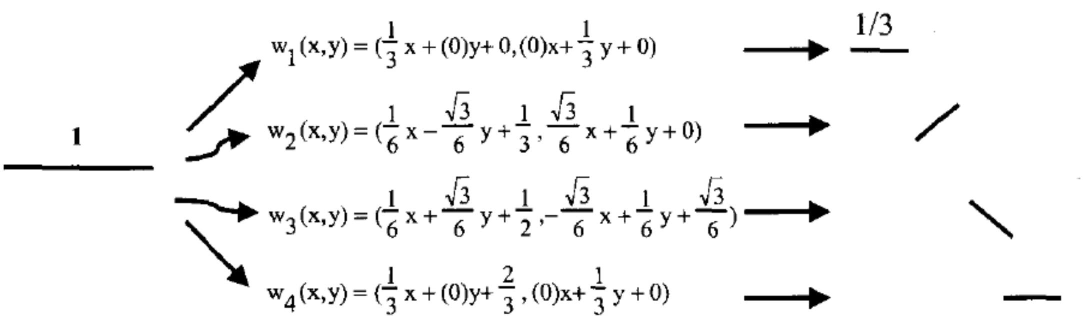

Figure 2.3 – La courbe standard de Koch comme un système de fonctions itiératives [1].

Quatre transformations linéaires affines sont alors appliquées à A_0, comme indiqué sur la figure 2.3. Ensuite, les résultats de ces quatre transformations linéaires $w_1(A)$, $w_2(A)$, $w_3(A)$, $w_4(A)$ sont combinés ensemble (relation (2.9)) pour former la première itération de la courbe de Koch, désigné par A_1(figure 2.4).

$$W(A) = w_1(A) \bigcup w_2(A) \bigcup w_3(A) \bigcup w_4(A) \tag{2.9}$$

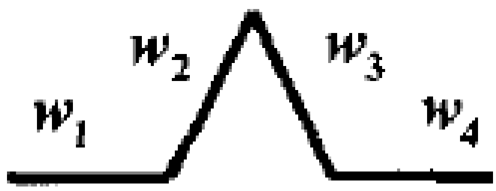

Figure 2.4 – Première itération de la courbe de Koch (A_1) [1].

La seconde itération de courbe de Koch, A_2, peut alors être obtenu en appliquant les mêmes quatre transformations affines à A_1. Des versions d'ordre supérieur de la courbe de Koch sont générés en répétant simplement le processus itératif jusqu'à ce que la résolution souhaitée est atteinte.

Les quatre premières itérations de la courbe de Koch sont présentées dans la figure 2.5.

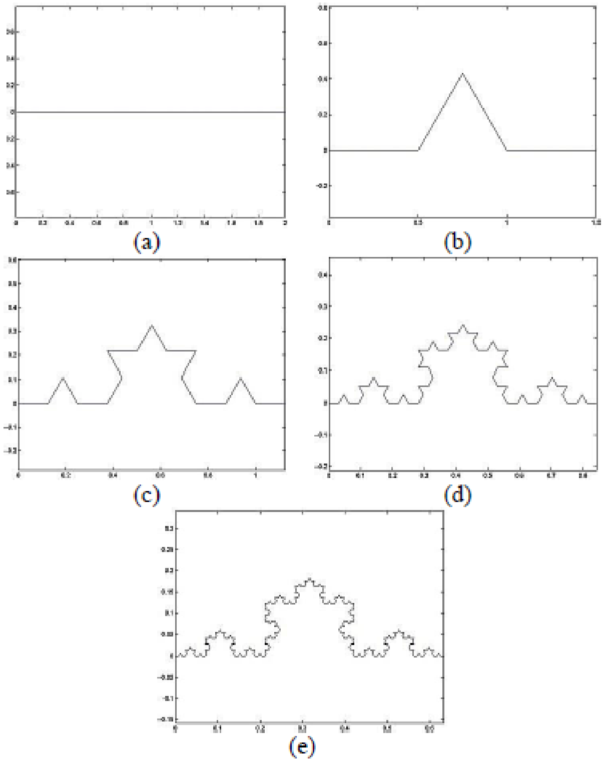

Figure 2.5 – Quatre premières itérations de la courbe de Koch [9].

2.2.3 Généralisation de l'IFS pour les courbes de Koch

Dans cette généralisation, on prend l'angle de rotation comme une variable. Cela conduit aux formules suivantes [11] :

$$\mathbf{w}_1\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{1}{s} & 0\\ c & \frac{1}{s}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix} \tag{2.10}$$

$$\mathbf{w}_2\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{1}{s}\cos\theta & \frac{-1}{s}\sin\theta\\ \\ \frac{1}{s}\sin\theta & \frac{1}{s}\cos\theta\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\frac{1}{s}\\0\end{pmatrix} \tag{2.11}$$

$$\mathbf{w}_s\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{1}{s}\cos\theta & \frac{1}{s}\sin\theta\\ \\ \frac{-1}{s}\sin\theta & \frac{1}{s}\cos\theta\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\frac{1}{2}\\ \frac{1}{s}\sin\theta\end{pmatrix} \tag{2.12}$$

$$\mathbf{w}_4\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{1}{s} & 0\\ 0 & \frac{1}{s}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\frac{s-1}{s}\\0\end{pmatrix} \tag{2.13}$$

$s=2(1+\cos\theta)$: est le facteur d'échelle

2.2.4 Conception des antennes dipôle fractales

Les outils de simulation électromagnétiques sont incontournables pour la conception des antennes fractales, notamment les dipôles fractale de forme de Koch car il n'existe pas d'expression ou de formules qui détermine les caractéristique de l'antenne fractale comme son impédance d'entrée ou sa fréquence de résonance en fonction de l'angle de rotation θ ou le nombre d'itération comme le cas pour les antennes dipôles ou les antennes patch.

Il a été démontré [12], que la fréquence de résonance de l'antenne fractale de koch diminue en augmentant le nombre d'itération comme illustre la figure 2.6 :

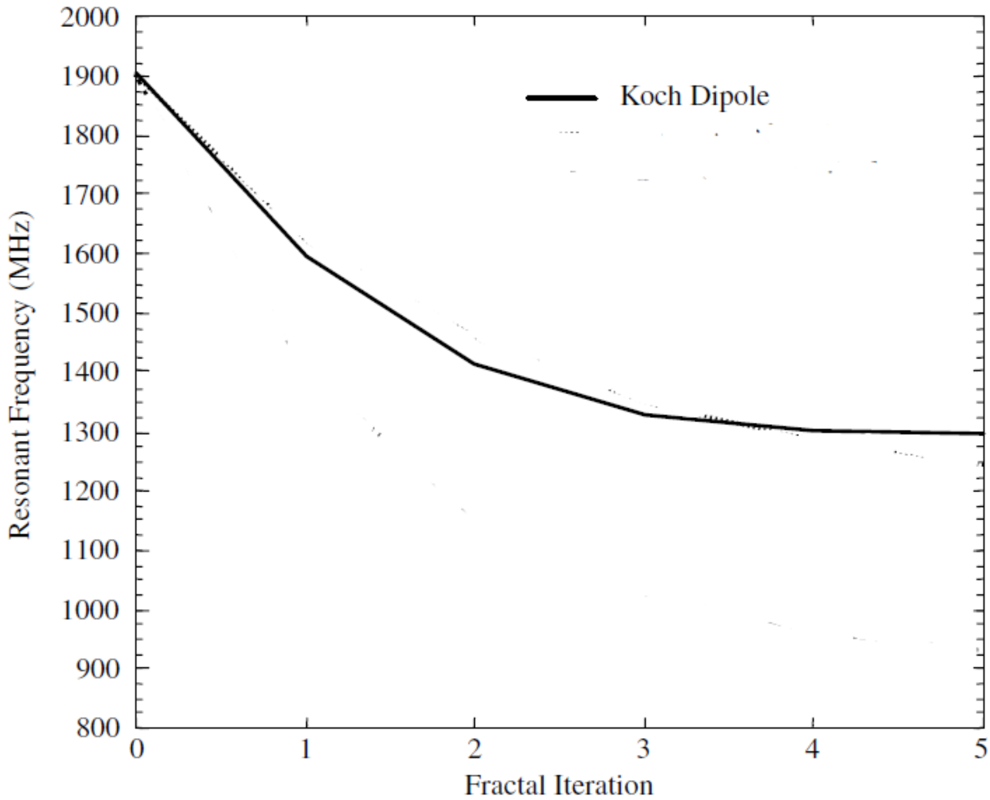

Figure 2.6 – Fréquence de résonance pour les cinq premières itérations de Koch [12].

Il été démontré aussi [9] que l'antenne dipôle de koch présentent les propriétés des antennes multibande et le large-bande.

2.3 Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai introduit l'antenne dipôle fractale de forme de koch, en exposant le système de fonctions itérative (IFS) qui permet la génération des antennes fractales de forme de koch.

Conclusion générale

De nombreux service radio mobiles se développent actuellement et attirent de plus en plus les utilisateurs, l'accès à ces services d'un seul terminal nécessite l'utilisation d'antennes compactes, multi et larges bandes telles que les antennes fractales.

Ces dernières années ont connu un important développement des travaux de recherches tant académique qu'industriel concernant ces nouvelles géométries. C'est dans ce contexte que ce situe ce travail et qui consiste à la conception, la simulation ainsi que la réalisation des antennes fractales en vue de les utiliser pour des applications sans fil.

Dans ce mémoire j'ai parlé en générale sur le géométrie fractale en mettant l'accent sur la géométrie de Koch :
Dans le premier chapitre, j'ai représenteé les géométries fractales en générales, et j'ai exposé quelques structures des antennes fractales.

Dans le deuxième chapitre, j'ai introduit l'antenne fractale à géométrie de koch en exposant le système de fonctions itérative (IFS) qui permet la génération des antenne fractales de forme de koch.

Les outils de simulation électromagnétiques sont incontournables pour la conception des antennes fractales, notamment les dipôles fractale de forme de Koch car il n'existe pas d'expression ou de formules qui détermine les caractéristique de l'antenne fractale.

Les systèmes de fonctions itérées ont prouvé qu'ils sont un très puissant outil de conception pour les ingénieurs des antennes fractales.

Bibliographie

[1] D.H. Werner and S.Ganguly, “An overview of fractal antenna engineering research,” IEEE antennas Propogat.Mag.,Vol 45, no.1, pp. 38-57, Feb- 2003.

[2] K.J. Vinoy , “Fractal shaped antenna elements for wide- and multi- band wireless applications”, A thesis in Engineering science and mechanics, submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy the Pennsylvania state University the graduate school College of engineering, August 2002.

[3] H. Koch, “Sur une courbe continue sans tangente, obtenue par une construction géométrique élémentaire”, pp 681-704,1904.

[4] W. Sierpinski, “Sur une courbe cantorienne dont tout point est un point de ramifi-cation”, C.R. Académie des Sciences de Paris 160, 1915, p. 302

[5] Anthony GHIOTTO,”Conceptions d’antennes de tags RFID UHF : application a la realisation par jet de matiere”, thèse de doctorat.

[6] Josiane Lajoie, " La géométrie fractale ", mémoire présenté à l’université du Québec, Juin 2006.

[7] S. A. Hamzah, M. K. Raimi, N. Abdullah, M. S. Zainal "Design, Simulation, Fabrication and Measurement of a 900 MHZ Koch Fractal Dipole Antenna".4th Student Conference on Research and Development (SCOReD 2006), Shah Alam, Selangor, MALAYSIA, 27-28 June, 2006.

[8] A. Ismahayati, P.J Soh, R.Hadibah, G.A.E Vandenbosch," Design and Analysis of a Multiband Koch Fractal Monopole Antenna ",2011 IEEE International RF and Microwave Conference (RFM 2011), 12th - 14th December 2011, Seremban, Malaysia.

[9] Siavash Malektaji,Witold Kinsner," SIMULATION OF KOCH FRACTAL ANTENNAS ",2013 26th IEEE Canadian Conference Of Electrical And Computer Engineering (CCECE).

[10] Pratik Patel, Krishna Dwibedi,R Poonkhuzhali,D Thiripurasundari,Z.C.Alex,“ Miniaturized Dipole Antenna using Koch Fractal Technique for Wearable Application“,International conference on Communication and Signal Processing, April 3-5, 2013, India.

[11] K. J. Vinoy, Jose K. Abraham, and Vijay K. Varadan,"On the Relationship Between Fractal Dimension and the Performance of Multi-Resonant Dipole Antennas Using Koch Curves",IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 51, NO. 9, SEPTEMBER 2003.

[12] Constantine A. Balanis." Antenna Theory Analysis And Design ".3rdEd, John Wiley &Sons, 2005.

ملخـــــــــــــص:

الحاجة إلى تصغير الهوائيات لتمكين وضعها على الأجسام الصغيرة على ترددات عالية جدا آخذ في الازدياد. عند هذه الترددات، الهوائي هو المكون الأكثر ضخامة وتصغيره يعتبر واحدة من أهم التحديات الراهنة لدى مصممي أجسام التواصل.

في هذا العمل قدمت بشكل عام الأشكال المختلفة لهندسة الفركتال، ودرست هوائي الفركتال ذو هندسة كوخ مع عرض نظام الدوال التكرارية الذي يسمح بتوليد هوائيات فركتال ذو هندسة كوخ.

هوائيات الفركتال هي هوائيات متعددة الاشرطة وذات شريط واسع.

كلمات مفتاحية: تصغير، هوائي الفركتال، هندسة كوخ، متعددة الاشرطة، شريط واسع.

Résumé :

Le besoin de miniaturiser les antennes pour permettre leur intégration sur de petits objets aux fréquences UHF est croissant. A ces fréquences, l'antenne est le composant le plus volumineux et sa miniaturisation constitue un des défis actuels les plus importants des concepteurs d'objets communicants.

Dans ce travail, j'ai présenté en générales les différentes formes de géométries fractales, et j'ai étudié l'antenne fractale à géométrie de koch en exposant le système de fonctions itérative (IFS) qui permet la génération des antennes fractales de forme de koch.

Les antennes fractales sont des antennes multibandes et large bande.

Mots-clés : miniaturiser, l'antenne fractale, géométrie de koch, multibandes, large bande

---

Abstract :

The need to miniaturize antennas to enable their integration on small objects at UHF frequencies is growing. At these frequencies, the antenna component is the most voluminous and its miniaturization is one of the most important current challenges of communicating objects designers.

In this work, I presented in general the different forms of fractal geometries, and I studied the fractal antenna with koch geometry exposing the iterative function system (IFS) allowing the generation of fractal antennas with koch geometry.

Fractal antennas are multiband and broadband antennas.

Key words: miniaturize, koch geometry, fractal antennas, multiband, broadband.