مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (1) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (1) 2010

تصميم وتحليل الهوائيات السلكية التجزيئية باستخدام برنامج Nec

الدكتور السموءل صالح*

(تاريخ الإيداع 28 / 10 / 2009. قُبِل للنشر في 16/ 2 / 2010)

□ ملخّص □

تتمتع الأجسام التجزيئية بخصائص هندسية نوعية، أهمها إمكانية وضع أو حصر منحن لا نهائي الطول ضمن منطقة محدودة. الشكل الناتج عبارة عن منحن تجزيئي يحوي أجزاء متشابهة، وكل جزء يشبه الشكل الأساسي الكبير، أو هو نسخة أصلية مصغرة عنه، وهذا ما يسمى بخاصية التشابه الذاتي. المنحى الأمثل لهذا الجسم التجزيئي هو فان كوخ، الذي سندرسه في هذا العمل كمثال أساسي للهوائيات السلكية التجزيئية (دايبول) ذات الطول الكبير ضمن نفس الحيّز الذي يشغله الدايبول العادي، وهذا سيعطي سلوكا و إمكانيات جديدة للهوائي. سيتم تطبيق برنامج Nec في هذا العمل بعد فهم آلية عمله، لدراسة خصائص هذا الهوائي التجزيئي ودراسة أثر معاملات الجسم التجزيئي على خصائص الهوائي بشكل عام. سيتم تصميم هوائي تجزيئي جديد باستخدام برنامج Nec وستتم مقارنته مع السابق وسندرس تغيرات معاملات الهوائي تبعا لتغيرات معاملات التجزيء للهوائي الجديد.

الكلمات المفتاحية: الهندسة التجزيئية، أجسام تجزيئية، هوائيات سلكية، دايبول، فان كوخ، برنامج Nec، هوائي تجزيئي جديد.

* مدرس– قسم هندسة الاتصالات – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية سورية. a.saleh@free.fr

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (1) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (1) 2010

Design and Analysis of Wiry Fractal Antenna Using Nec Program

Dr. Saleh Alsamawal*

(Received 28 / 10 / 2009. Accepted 16 / 2 / 2010)

□ ABSTRACT □

Fractal objects have some unique geometrical properties. One of them is the possibility to enclose in finite area an infinitely long curve. The resulting object is a fractal curve that contains similar parts. Each part seems to be the total object, or it is an original copy of the object, this property named the auto-similarity. The optimal curve of this object is the Van Koch. This paper studies and analyzes this curve as a wire fractal monopole and dipole antennas, which have a very high length in the same place occupied by a normal antenna. This gives a new behavior in wire antenna. The Nec (Numerical electromagnetic Code) program will be applied for studying the Van Koch antenna and analyzing the effect of the variation of fractal parameters on the antenna proprieties. This paper gives a new design of fractal antenna using Nec program, the new antenna will be studied and analyzed.

Key words: Fractal geometry, Fractal dimension, stage of growth, linear array antenna, fractal array antenna, new design parameter.

***Assistant Professor, Departement of communication, Faculty of mechanical and electrical engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria, e-mail: *a.saleh@free.fr* .**

مقدمة:

تعتبر الهندسة التجزيئية (التشعبية أو التكسيرية) مجالا حديث العهد في العلوم الرياضية وضعت لوصف الأجسام الطبيعية [1] بدقة أكبر وأكثر واقعية من الهندسة التحليلية التي قرّبت وصف بعض هذه الأجسام ولم تدخل في تفاصيلها الدقيقة، مثال عن ذلك الغيوم و الجبال و الأشجار و أمواج البحر و...

تعطي هذه الهندسة توصيفا دقيقا لا يأخذ بعين الاعتبار الأبعاد الموجودة في الطبيعة، بعد: طول، بعدان: مساحة، ثلاثة أبعاد: حجم، و إنما يمكنها توصيف جسم ما كالشجرة ببعد ينتمي إلى مجموعة الأعداد العادية[2]. استغل علم الاتصالات بقفزاته التطورية السريعة كل ما هو جديد، من أهم ما استخدم من أجل تطوير تقنياته هي الهندسة التجزيئية. لقد تم استخدام الأجسام التجزيئية في مجال الهوائيات من أجل الحصول على عرض حزمة كبير أو على هوائي متعدد الحزم [3] و في مجال الاستشعار عن بعد تم استخدام هذه الأجسام لتوصيف الأجسام الطبيعية بدقة، كذلك تم استخدام الأشكال التجزيئية السلكية والمسطحة و الفراغية في مجال الهندسة المكروية و الضوئية (مرشحات، هوائيات) بهدف زيادة الربح و إعطاء درجات حرية أكبر في التصميم [4] [5].

اعتمدت هذه القفزة النوعية لعلم الاتصالات أيضا، و بشكل واسع على تطور آليات و لغات البرمجة و إقحامها في مجال الاتصالات لإنشاء خوارزميات و برامج لحل و نمذجة كل المسائل و المشاكل التي يمكن أن نواجهها مهما كانت معقدة. سرّعت هذه البرامج الحديثة و سهّلت الحصول على التصميم المناسب (هوائي، دليل موجة، مرشح...) و من ثم تحليله و إيجاد عناصره التصميمية اللازمة من أجل هدف أو غاية ما. من هذه البرامج المستخدمة والمطورة باستمرار برنامج Nec: Numerical electromagnetic code أو HFSS: High-Frequency Structural Simulator.

سنقوم في هذا العمل بتحليل و دراسة هوائي كوخ باستخدام خوارزمية (برنامج المحاكاة) Nec و معرفة علاقة كل معاملات الجسم التجزيئي و علاقتها بمتغيرات الهوائي (الربح، المخطط الإشعاعي، فتحة الإشعاع). الخطوة الأخيرة في هذا العمل هي اقتراح تصميم هوائي سلكي تجزيئي جديد و تحليله باستخدام Nec ثم دراسة خواصه و معاملاته و تأثير تغيرات معاملات التجزيء في هذه العوامل وسيقارن مع هوائي كوخ السابق.

أهمية البحث وأهدافه:

أدى تطور علم الاتصالات السريع إلى استنباط أشكال جديدة لم تكن مطروحة سابقا مثل الأجسام التجزيئية التي استخدمت في مجالات عدّة منها الهوائيات. كما أدى إلى إيجاد وسائل حديثة توفر في الوقت و المال لدراسة و تحليل العناصر المهمة في الاتصالات كالهوائيات و المرشحات و خطوط النقل. من أهم الوسائل الجديدة التي استخدمناها هي الخوارزميات و البرامج الجاهزة لتحليل و حساب هذه العناصر مباشرة دون العودة إلى الحل الرياضي التقليدي المعقد بتكاملاته و تفاضلاته و...

هذه الخوارزميات وفرت الكثير من الوقت و التكاليف على المصمم و ذلك لأنه يستطيع إجراء العديد من المحاولات (التجارب النظرية) من خلال المحاكاة قبل اختيار التصميم النهائي الذي سيطبق و يصنّع عمليا. اعتمدت هذه الخوارزميات أو البرامج في الحل على طرق معتمدة و مثبتة منذ زمن بعيد مثل طريقة الفروقات المحدودة و طريقة المربعات الصغرى و الطريقة التفاضلية و ...

سنقوم بدراسة و تحليل الهوائيات التجزيئية (فان كوخ) باستخدام إحدى الخوارزميات وهي Nec حيث سندرس المخطط الشعاعي و ممانعة الهوائي و ... و نحلل تغيراتها الناشئة عن تغيرات معامل الجسم التجزيئي.

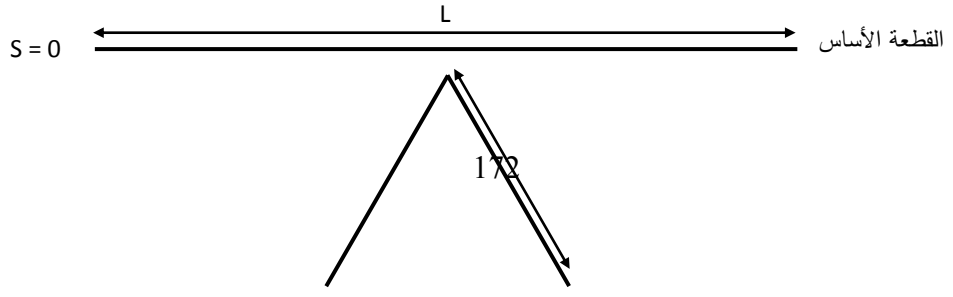
طرائق البحث ومواده:

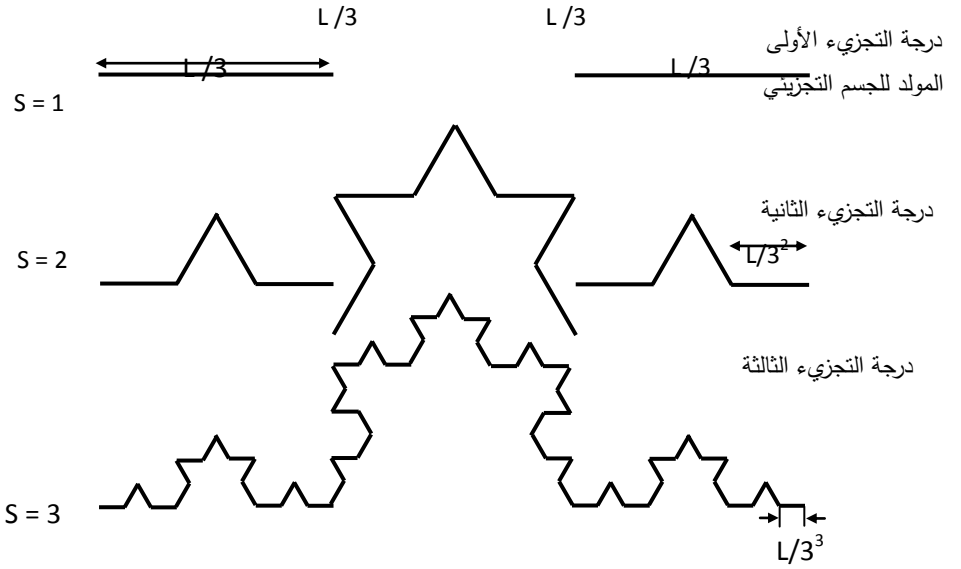
1. الشكل التجزيئي فان كوخ (Van Koch)

يوضح [6] مفهوم الهندسة التجزيئية بشكل عام وكيف تم استخدامها في محاكاة الطبيعة وكيف تعطي مفهوما أوسع و أشمل و تقريبا أفضل بكثير للأشكال الطبيعية من جبال وغابات وغيرها ... ويحدد مفهوم الجسم التجزيئي بأنه جسم غير منتظم، قد يكون محدودا و لكنه غير منته و يتصف بأنه يملك خاصية التشابه الداخلي أو بشكل آخر التكرار للشكل الأساسي العام (الشكل المولّد للجسم التجزيئي) بمعنى آخر إذا أخذنا أي جزء صغير من الجسم التجزيئي و كبرناه، سنجد أنه يشبه تماما الجسم الأصلي أو الكلي، ولكن بنسبة تصغير معينة تناسب درجة تجزيء هذا الجسم. إذا يمكننا القول بأن هذا الجسم يتولد بالتجزيء أو التكسير ويوصف بثلاث معاملات أساسية هي:

1. البعد التجزيئي أو التكسيري و هو يعبر عن بعد هذا الجسم و يعبر أيضا عن شكله.
2. درجة التجزيء و تعبر عن درجة التكرار أو عن عدد المرات التي يتكرر بها الجسم المولّد في الجسم التجزيئي.
3. معامل تغير كثافة المادة في الجسم التجزيئي، هذا المعامل يقابل معامل تغير الفجوات في الجسم التجزيئي الذي يملك في مرحلة التجزيء الأولى أكثر من قطعتين، وهذا يوصف بتغير كثافة المادة في دائرة نصف قطرها r. يبقى هذا المعامل ثابتا في دراستنا هذه و لكن يمكن أن نقوم بتغييره و ذلك بأخذ نفس الشكل مع إزاحة أحد أضلاع الشكل السابق قليلا لليمين أو اليسار، ودون تغيير البعد التجزيئي D و درجة التجزيء S.

لوصف هذا الجسم، لاحظ الشكل (1) نستطيع القول أنه يبدأ بقطعة مستقيمة ذات طول l محدودة النهايتين، ثم نقوم بتقسيم هذه القطعة إلى ثلاثة أقسام متساوية بمعامل تقسيم $\rho = 1/3$ نحذف القسم الأوسط ونستعيض عنه بقطعتين لهما نفس الطول $l_1 = \rho l = l/3$ و موضوعتين بشكل مثلث فينتج عندها درجة التجزيء S=1 أو ما يسمى بمولد الجسم التجزيئي.





الشكل(1) درجات التجزيء الأربع الأولى لمنحى فان كوخ، *D=1.26*

في درجة التكرار الثانية S=2 نقوم بتقسيم كل قطعة من المولد إلى ثلاثة أقسام و نكرر عملية الاستعاضة بعد حذف القسم الأوسط فيصبح طول كل قطعة مستقيمة في هذه الدرجة من التجزيء $l_2 = \rho^2 l = l/9$ ثم نقوم بتكرار العملية من أجل درجة التجزيء S=*3* و يكون لدينا طول $l_3 = \rho^3 l = l/27$ و بالنسبة لدرجة التجزيء الرابعة S=*4* يكون لدينا الطول $l_4 = \rho^4 l = l/81$ من خلال المناقشة السابقة يمكننا تحديد طول القطعة المستقيمة المكونة للدرجة *S* من درجات تجزيء الجسم، حيث يمكن أن نكتب $l_s = \rho^s l$ مع بقاء البعد التجزيئي ثابتا $D=ct$ و يساوي إلى:

$$D = \frac{ln(N)}{ln\,(1/\rho)} = \frac{ln(4)}{ln(3)} = 1.26186$$

باختصار، من الناحية الفيزيائية يكون المنحى محدود النهايتين، في البداية يكون ذا طول *L* و يصبح ذا طول لانهائي عند درجة تجزيء عالية جدا. يكون طول المنحى عند درجة تجزيء ما *S* $(X_{V\text{-}S})$ معطى بالعلاقة الاستقرائية التالية:

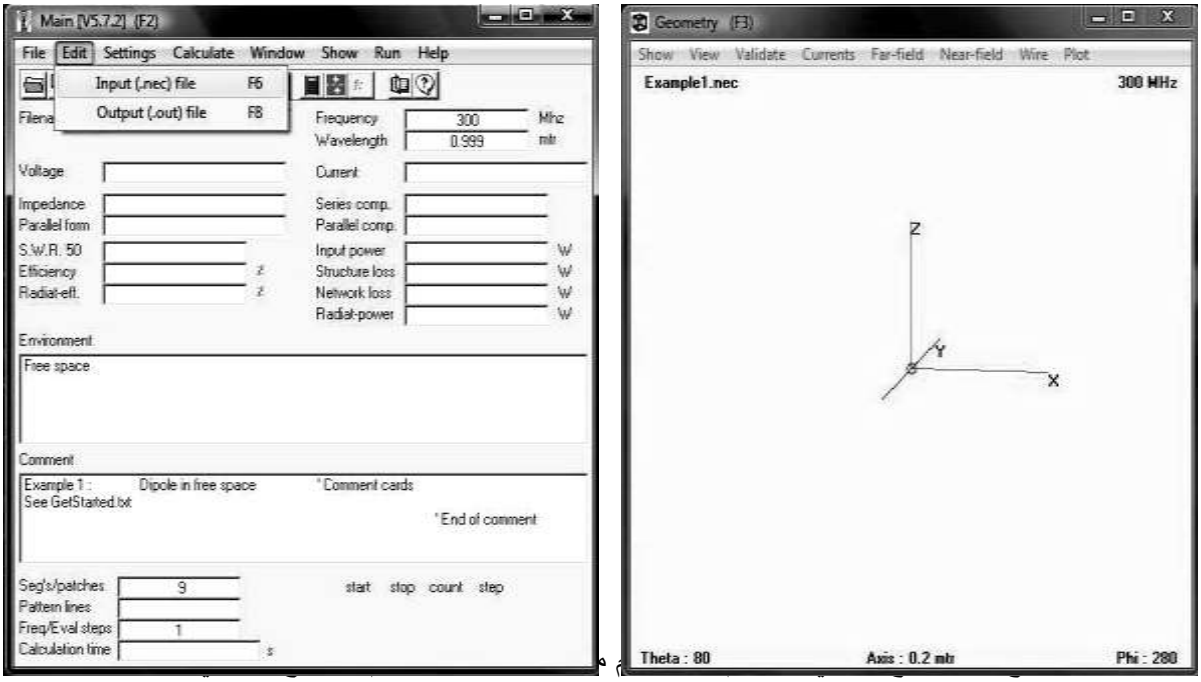
$$X_{V\text{-}S} = (N\rho)^S L = (4/3)^S L$$

إذا يزداد طول منحى فان كوخ بمقدار $(4/3)^S$ عند كل درجة تجزيء. إذا في هذا المنحى لدينا طول لانهائي متعدد القطع (الأطوال مختلفة) و لكن يبقى محدود النهايتين، وهذه الخاصية مهمة جدا في عملنا المتعلق بالهوائيات التجزيئية الخطية و ذلك لأننا سنعتبر هذا المنحى هوائيا عنصريا أو دايبول محدود النهايتين و لكن بطول كبير تحدده درجة التجزيء و معامل التقسيم لهذا المنحى.

2. البيئة البرمجية Nec

و هو اختصار Numerical Electromagnatic Code يمثل بيئة برمجية لحل المسائل الكهرومغناطيسية [7] و هي مكتوبة بلغة C^{++} ، اعتمد سابقا على الفورتران Fortran، و تتم طريقة التصميم بالرسم المباشر على شاشة ميليمترية، حيث نرسم الهوائي مباشرة ويقوم البرنامج بحل هذا الهوائي أي إيجاد كل المعاملات المطلوبة بالاعتماد على طريقة method of momento وهي طريقة علمية معتمدة ومثبتة الصحة ذات دقة عالية، تقوم بتقسيم الهوائي إلى قطاعات صغيرة جدا، و تدرس كلا من الحقل الكهربائي و التيار و... على هذا الجزء الصغير ثم تكامل على كامل الجسم الهوائي، وبذلك يتم إيجاد المخطط الإشعاعي، توزع التيار، Z و غيرها من معاملات الهوائي. يوفر استخدام مثل هذه البرامج الجديدة كثيرا من الوقت و المال في إيجاد تصميم ما و دراسة كل المعاملات التي تحكمه مثل قطر السلك، نوع المادة المستخدمة، الارتفاع عن الأرض، معاملات الأرض، اللازمة للحصول على هوائي أمثل.

استخدمنا في عملنا هذا النسخة 4Nec وهي نسخة مطورة و يمكن الحصول عليها مباشرة لأنها مجانية، يمكن ملاحظة واجهة هذه النسخة أي واجهة البرنامج المستخدم في الشكل (2):



الشكل(2) الواجهة الرئيسية و صفحة الرسم للبرنامج 4Nec

1- يقسم الهوائي إلى مقاطع صغيرة مستقلة ويدرس هذه المقاطع و كأنها متصلة أي يدرس معاملات المقطع الصغير رقم x بدلالة معاملات المقطع السابق x-1 و بالتالي تكون النتيجة النهائية معاملات كامل الهوائي.

2- يميز بين المصطلحين التاليين: لسلك wire حيث يتم تقسيمه الى مقاطع segments و العنصر element المشكل من مجموعة أسلاك.

3-يعتبر أن كل سلك يحوي 9 مقاطع متساوية الطول في كل نصف موجة و يجب أن يكون طول المقطع أكبر من نصف قطر السلك بـ 4 مرات على الأقل.

4-يتم اختيار مستوى الأرضي ونقطة التغذية، وذلك حسب نوع الهوائي إما دايبول أو هوائي بطول محدد L .

تؤدي هذه المعطيات لوجود نموذج برمجي يحاكي تماما الهوائي العملي المراد تصميمه، وبذلك يمكن إجراء الكثير من تجارب المحاكاة من أجل تعديل الهوائي المصمم بحيث نصل في النهاية إلى الهوائي الأمثل المرغوب لتطبيق ما، بعد ذلك نطبق هذا الهوائي عمليا. هذه المحاكاة وفرت الكثير من الوقت و المال بالمقارنة مع الآلية المعمول بها دائما و هي إجراء العديد من التجارب على الهوائي و تغيير الهوائي لعدة مرات حتى نتمكن من الوصول إلى الهوائي المطلوب.

3. تحليل و تصميم الهوائي باستخدام البرنامج 4Nec :

عند تصميم الهوائي، وليكن الدايبول باستخدام البرنامج 4Nec ، ندخل إلى صفحة التصميم (الرسم) التي تعطي بالإضافة إلى الرسم الهندسي المتقن للهوائي، تحديدا دقيقا لكل معاملات الهوائي مثل: التردد العامل و نوع المادة المستخدمة و طول هذا الهوائي و ... . فإذا أخذنا هوائياً عنصرياً طوله $l=\lambda/2$ موضوع فوق سطح الأرض (برنامج 4Nec يستخدم نظرية الخيال في هذه الحالة) أو يمكن أن يوضع على ارتفاع R عن سطح الأرض، أو يمكن أن يكون عبارة عن دايبول مغذى من المنتصف. في دراستنا هذه أخذنا منحى فان كوخ كهوائي سلكي تجزيئي موضح بالشكل (4) و له البعد التجزيئي التالي:

$$D = \frac{ln(4)}{ln(3)} = 1.26$$

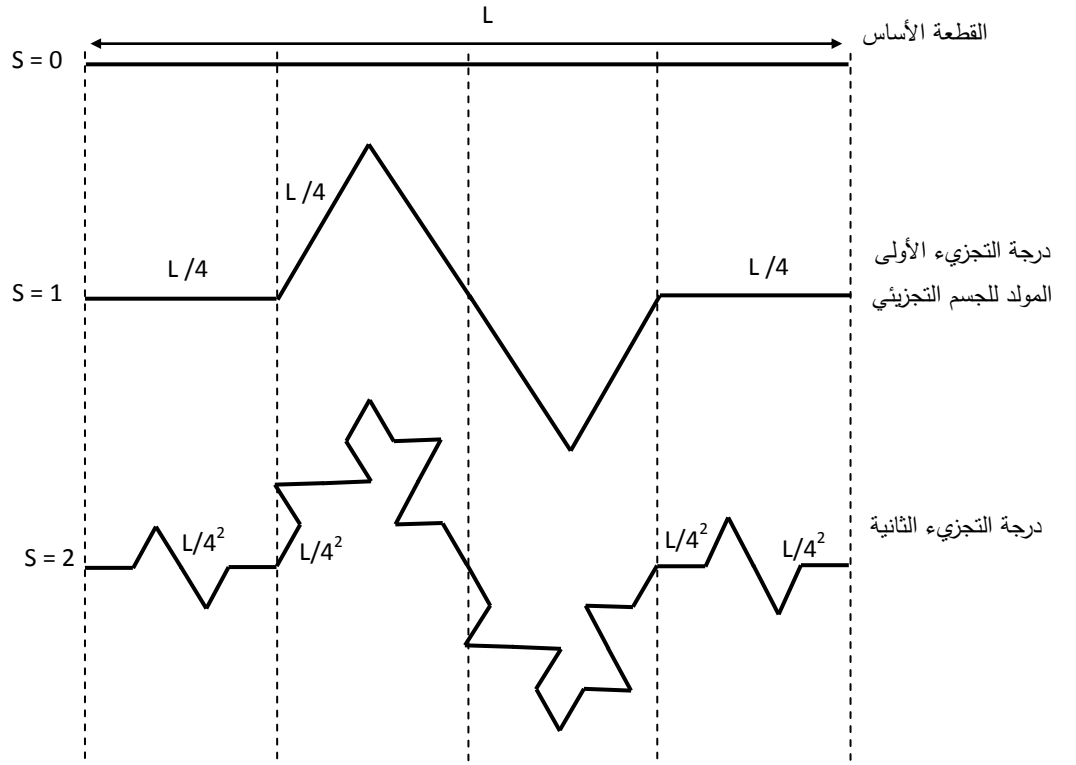
يمكن أخذ عدة درجات تجزيء بحيث توصف كل درجة وفق معادلات واضحة، يمكن برمجتها بسهولة ويمكن استخدامها في رسم منحى فان كوخ ذو الدرجة S . يستخدم الجسم التجزيئي كهوائي سلكي (عنصر هوائي) يغذى من الأسفل، أو كهوائي دايبول تجزيئي متناظر يغذى من المنتصف لا حظ الشكل (4)، بهذه الطريقة يمكن دراسة كل هوائي على حدة، والمقارنة بينهما، ويمكن أيضا دراسة كل المعاملات اللازمة للحصول على الهوائي الأمثل المراد استخدامه في تطبيق ما.

4. تصميم هوائي جديد:

إن الهوائي المراد تصميمه هو عبارة عن هوائي تجزيئي سلكي بأبعاد مختلفة و شكل جديد، بحيث نأخذ قطعة مستقيمة ab محدودة الطول L ثم نقوم بتقسيمها إلى أربعة أقسام؛ أي أن معامل التجزيء أو التقسيم هو $l=1/4$ نقوم بنزع القطعتين في المنتصف، ونستعيض عنهما بأربع قطع بحيث تشكل مثلثا في الأعلى عند القطعة 2 ومثلثا في الأسفل عند القطعة 3 طول كل قطعة هو $l_1=\rho^S L = L/(4)^1$ ، هذا يعني أنه لدينا الآن ست قطع بدلا من أربع، ويتكون لدينا المنحى المولد للجسم التجزيئي الجديد أو درجة التجزيء الأولى، لذلك يصبح بعد هذا المنحى هو عبارة عن القيمة التالية:

$$D = \frac{ln(N)}{ln\,(1/\rho)} = \frac{ln(6)}{ln(4)} = \frac{ln(6)}{ln(2^2)} = \frac{1}{2}\frac{ln(6)}{ln(2)} = 1.2925$$

تستمر عملية التجزيء و نحصل على درجة التجزيء الثانية S=2 حيث يصبح طول كل قطعة من المنحى مساويا إلى: $l_2=\rho^S.L = L/(4)^2=L/16$ و ذلك بعد تقسيم كل قطعة من الدرجة السابقة إلى أربع قطع وتكرار عملية استبدال قطعتي المنتصف بأربع قطع متساوية. الشكل(3) يوضح عملية توليد الجسم التجزيئي الجديد بدرجاته الثلاث الأولى، ويمكن باستخدام نفس آلية التجزيء الحصول على درجتي التجزيء الثالثة والرابعة.



الشكل(3) درجات التجزيء الثلاث الأولى للمنحى التجزيئي الجديد، $D=1.2925$

يختلف هذا المنحى عن منحى فان كوخ بالبعد التجزيئي، بالشكل وأيضا هناك اختلاف أساسي و هو طول، $X_{N-S}= (N\rho)^SL=(6/4)^SL$ مساو إلى: (X_{N-S}) حيث يكون هذا الطول S المنحى بالنسبة لدرجة تجزيء ما إلى طول منحى فان كوخ عند نفسS فإذا قمنا بنسب طول المنحى التجزيئي الجديد عند درجة تجزيء الدرجة نجد:

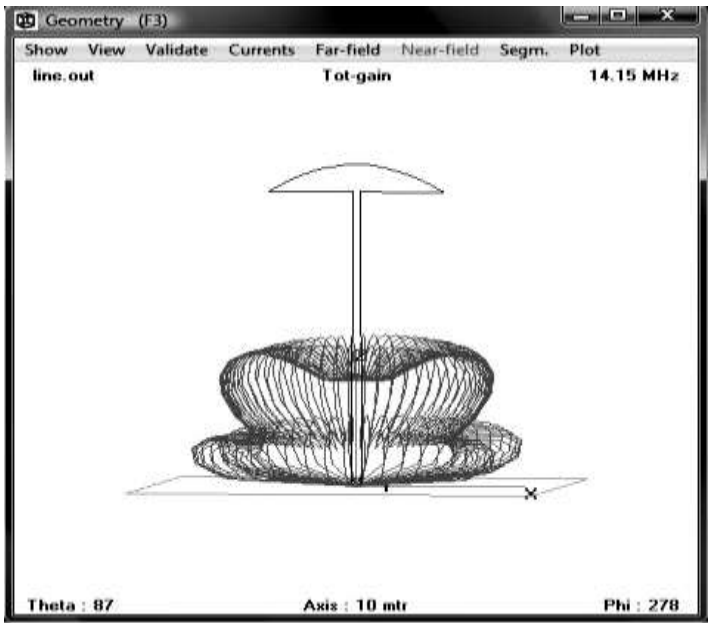
$$\frac{X_{N-S}}{X_{V-S}}=\frac{(6/4)^S}{(4/3)^S}=\left(\frac{9}{8}\right)^S>1 \Rightarrow X_{N-S}>X_{V-S}$$

إذا طول الجسم الجديد عند كل درجة تجزيء يكون أطول من منحى فان كوخ عند نفس الدرجة وهذا سيقودنا إلى طول لا نهائي عند درجات تجزيء أقل. بالنتيجة وعند استخدام هذا الجسم أو المنحى كهوائي سلكي تجزيئي سيقدم لنا سلوكا مختلفا عن فان كوخ لأن المعاملات التجزيئية مختلفة. من الناحية الفيزيائية فإن زيادة الطول عند كل درجة تجزيء يؤدي إلى تغير خواص الهوائي الترددية (التردد العامل) أي عند نفس الطول بالنسبة لقطعة الأساس لكل من الجسمين سنحصل على خصائص مختلفة، من جهة أخرى لدينا في المنحى الجديد منطقتان متشابهتان تماما لاختزان

الطاقة، الأولى في المثلث العلوي و الثانية في المثلث السفلي، هذا سيؤدي إلى استقرار أكبر للهوائي عند التردد العامل.

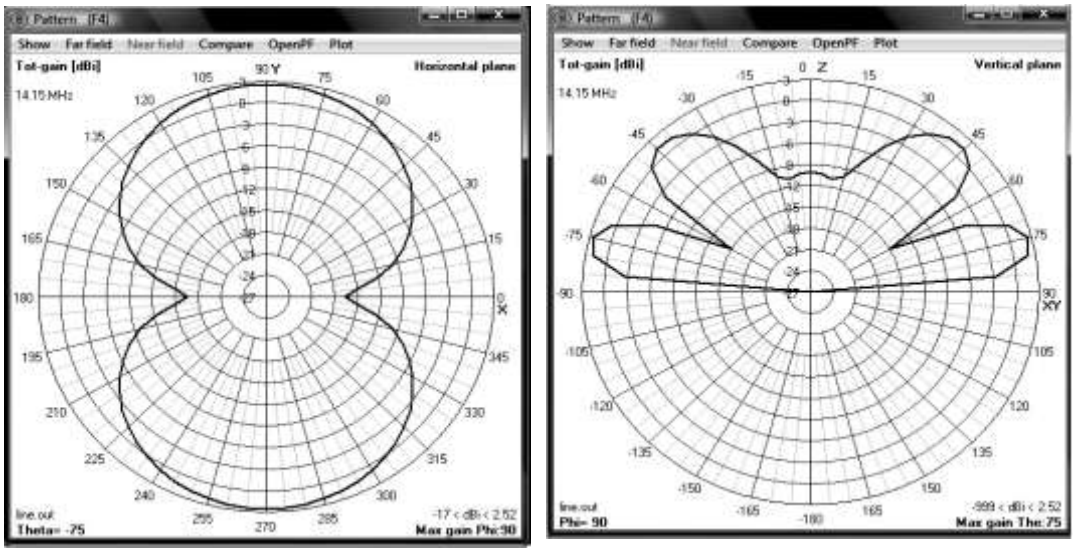
النتائج والمناقشة:

اعتمدنا في هذا العمل على البيئة البرمجية 4Nec لدراسة و حساب الهوائيات السلكية العادية و التجزيئية، هذه البيئة تعتمد في الحل على طريقة موثوقة و مثبتة الصحة و النتائج، لذلك ركزنا على تحديد نوع الهوائي و على دراسة مقارنة بين الهوائي الخطي العادي و التجزيئي، كذلك تمت مناقشة اقتراح تصميم هوائي تجزيئي جديد و دراسة أثار تغير معاملات الجسم التجزيئي على معاملات الهوائي و خاصة المخطط الإشعاعي و ذلك بالمقارنة مع هوائي فان كوخ. الشكل(4) يمثل درجة التجزيء صفر $S=0$ أي القطعة الأساس مرسومة بواسطة البرنامج 4Nec على صفحة الرسم، وهي تمثل هنا هوائي دايبول عادياً ذا الطول L وارتفاع H عن سطح الأرض يغذى من المنتصف و يؤخذ بعين الاعتبار في هذه الحالة أثر الأرض على المخطط الإشعاعي (أثر الخيال). في هذا الشكل نلاحظ أن البيئة البرمجية أعطت تماما المخطط الإشعاعي المعروف لهذا الدايبول، كذلك مخطط توزع الجهد على الهوائي و بشكل دقيق. لقد صمم هذا الهوائي على التردد العامل $f=14,15\ MHz$ وهذا التردد يظهر مع بعض المعاملات الأخرى على الشكل.



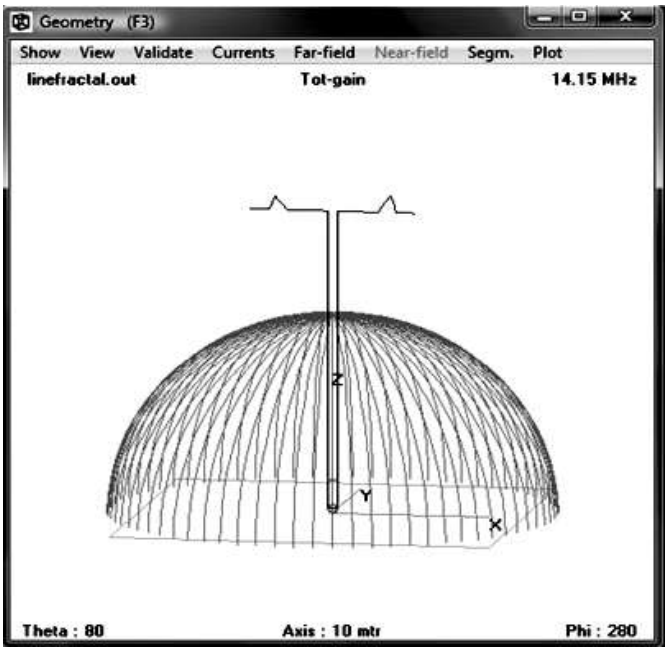
الشكل (4) يبين هوائي دايبول مع المخطط الإشعاعي و توزع الجهد عليه.

أما المخطط الشعاعي في المستويين الأفقي و الشاقولي فيمكن الحصول عليهما من خلال البرنامج Nec بإعطاء أمر الرسم ثنائي البعد القطبي، فنحصل على المخططين المبينين في الشكل (5)، موضحا عليهما التردد العامل و بعض المعاملات الأخرى.



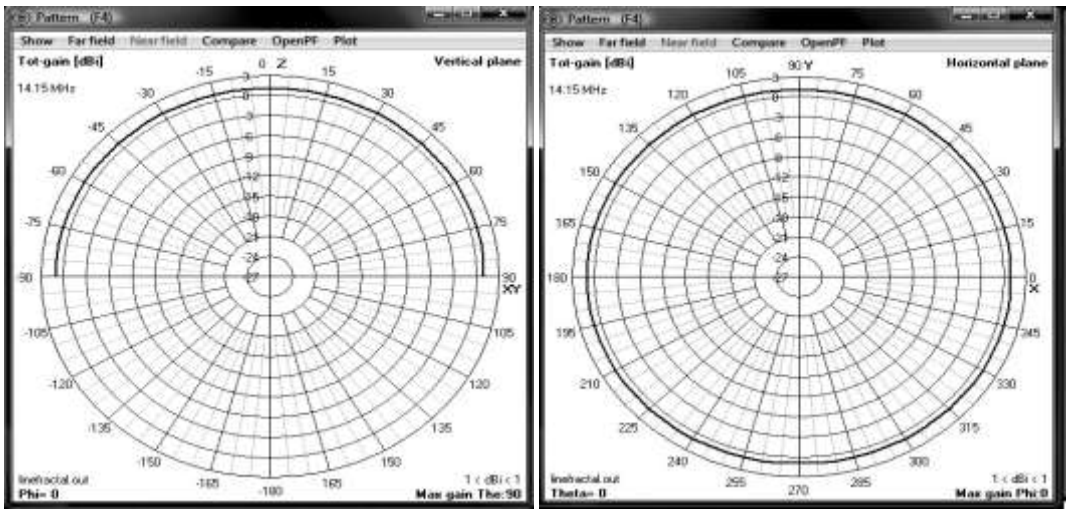
الشكل(5) يبين المخطط الإشعاعي للهوائي في المستويين الأفقي و الشاقولي.

بالانتقال إلى درجة التجزيء الأولى *S=1* مع الحفاظ على نفس التردد العامل، ننتقل إلى الجسم أو المنحى المولد للهوائي التجزيئي، بحيث يكون كل من جزأي الدايبول منحى فان كوخ كما هو موضح بالشكل(6) ، الذي يتضمن الهوائي التجزيئي و المخطط الإشعاعي معا، لأن البيئة البرمجية Nec تعطينا هذه الإمكانية.



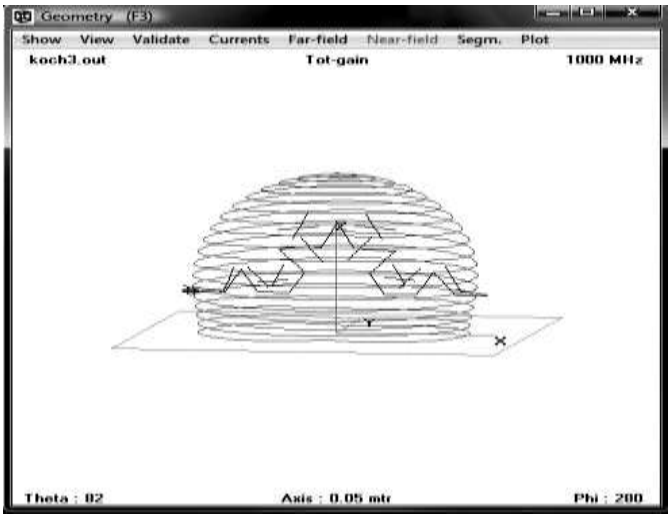
الشكل(6) يبين المخطط الإشعاعي للدايبول التجزيئي مع الدايبول

نلاحظ من الشكل السابق أن المخطط الإشعاعي للدايبول التجزيئي عند درجة التجزيء الأولى يكون عبارة عن كرة أو نصف كرة على أساس اعتبار تأثير الأرض، إذا يمكن القول إن المخطط الإشعاعي أصبح أفضل بكثير من الحالة السابقة. الشكل التالي يمثل المخطط الإشعاعي في كل من المستويين الشاقولي و الأفقي.

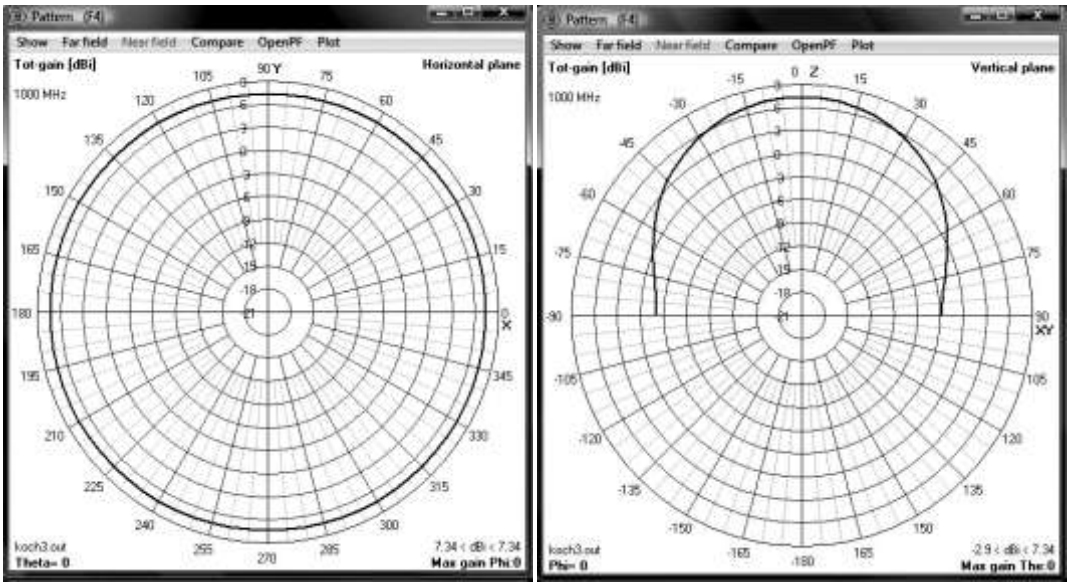


الشكل(7) يبين المخطط الإشعاعي للهوائي التجزيئي بدرجة تجزيء *S=1*، في المستويين الأفقي و الشاقولي.

بالانتقال إلى درجة التجزيء الثانية *S=2*، فضلنا إجراء الدراسة على هوائي عنصري، و ليس هوائي الدايبول ومن اجل تردد عامل *f=1GHz* و ذلك من أجل التنويع و إظهار إمكانات و خصائص أخرى للبيئة البرمجية Nec. توضع الهوائي تم بشكل أفقي و يغذى من الطرف الأيسر، الشكل (8) يبين الهوائي مع مخططه الإشعاعي ثلاثي الأبعاد و أما الشكل(9) فيبين مسقط هذا المخطط على المستويين الشاقولي و الأفقي.

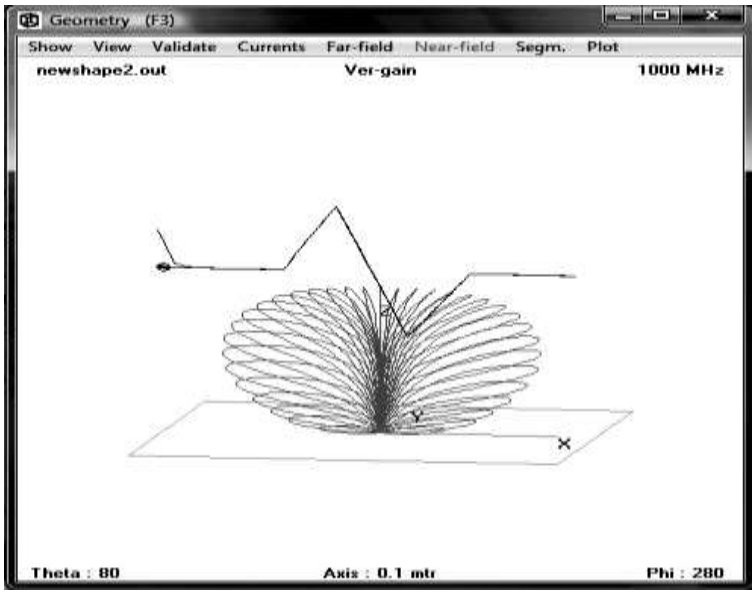


الشكل(8) يبين المخطط الإشعاعي لهوائي فان كوخ التجزيئي مع الهوائي في درجة التجزيء *S=2*.



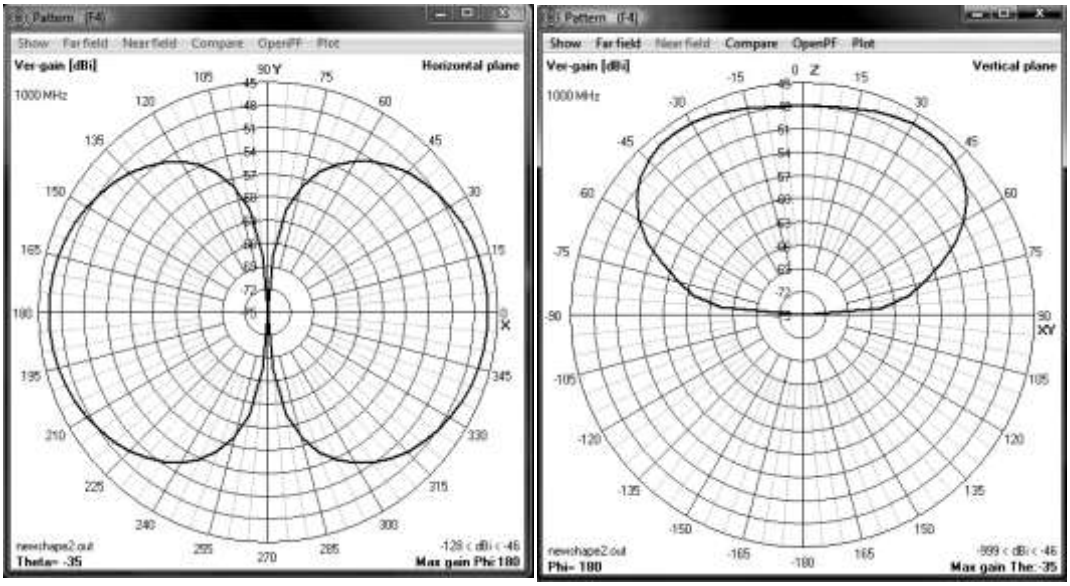
الشكل(9) يبين المخطط الإشعاعي للهوائي التجزيئي بدرجة تجزيء *S=2*، في المستويين الأفقي و الشاقولي.

من أجل التأكد من صحة هذه النتائج تمت مقارنتها مع النتائج العملية للمقال [8] الذي قام بإجراء تجارب عملية لهوائي فان كوخ بعدة درجات تجزيء S و بأبعاد تجزيئية D مختلفة و قد تبين أن النتائج متقاربة جدا، فبزيادة درجة التجزيء، يزداد كلا من الربح و طاقة الإشعاع و تقل الخسارة. يعطي المخطط الإشعاعي ثلاثي الأبعاد المبين في الشكل (10) فكرة جيدة عن تحسن المخطط الإشعاعي للهوائي الجديد و بدرجة التجزيء *S=1* وبالنتيجة تحسن الربح بالمقارنة مع هوائي فان كوخ المدروس سابقا.



الشكل(10) يبين المخطط الإشعاعي لهوائي فان كوخ التجزيئي مع الهوائي في درجة التجزيء *S=1*.

الشكل(11) يمثل المخطط الإشعاعي نفسه و لكن في المستويين الأفقي و الشاقولي، و بالتالي بمقارنة هذا الهوائي مع الهوائيين السابقين العادي و كوخ المغذى من اليسار نلاحظ أن المخطط الإشعاعي لم يتغير كثيرا، ولكن تبين انه يعطي مميزات أفضل من ناحية الربح واستطاعة الإشعاع، إذا أداء الهوائي الجديد أفضل.



الشكل(11) يبين المخطط الإشعاعي للهوائي التجزيئي الجديد بدرجة تجزيء *S=1*، في المستويين الأفقي و الشاقولي.

اكتفينا في هذا العمل بعرض نتيجة درجة التجزيء *S=1* الأولى للهوائي الجديد و سنكمل دراسة و تحليل تغيرات معاملات هذا الهوائي الناتجة عن تغيرات المعاملات التجزيئية له، ومن ثم نقوم بمقارنة النتائج الكلية مع هوائي فان كوخ المطبق عمليا في [8].

الاستنتاجات والتوصيات:

الهوائي السلكي التجزيئي أصبح واقعا ملموسا و طبق عمليا، كما يمكن تصميمه بدرجات تجزيء متعددة وبأبعاد تجزيئية مختلفة، هذا يعطي مجالا واسعا في عملية التصميم من أجل الحصول على الهوائي المرغوب لتطبيق ما. باستخدام البيئة البرمجية المناسبة مثل Nec وغيرها يمكن دراسة وتحليل هذه الهوائيات بوقت قصير وبدقة عالية؛ حتى أنه يمكن إضافة دراسة تأثير تغير قطر الهوائي و نوع المادة المستخدمة على معاملات هذا الهوائي. هذا العمل قدم لنا أيضا هوائياً سلكياً تجزيئياً جديداً ذا شكل مختلف وإمكانات أفضل في التصميم و بخواص أفضل من ناحية استطاعة الإشعاع و الربح. باستخدام البيئة البرمجية Nec سنتمكن من معرفة التغيرات التي ستطرأ على معاملات الهوائي التجزيئي الجديد (الربح، استطاعة الانتشار والمخطط الإشعاعي) و ذلك عند تغيير درجة التجزيء S و البعد التجزيئي D كذلك تغير المعامل التجزيئي الثالث وهو توزع كثافة المادة ضمن الهوائي التجزيئي من أجل درجة تجزيء ثابتة وبعد تجزيئي ثابت و ما سيغير ذلك في معاملات الهوائي. كذلك سنحاول تطبيق الهوائي الناتج عمليا وإجراء بعض القياسات العملية باستخدام محلل طيف من أجل مقارنة القسم العملي مع النتائج النظرية التي حصلنا عليها.

المراجع:

1. MANDELBROT, B,B. *Les Objects Fractals forme Hasard et dimension*, Paris: Flammarion, 1975, 1984, 1989.
2. WERNER, D.H.; BRETONES, A. R. ; LONG, B.R." *Radiation characteristics of thin-wire ternary fractal trees* ," Electronics Letters. Vol 35, n°8, April 2001, 609-611.
3. WERNER, D.H.; WERNER, P.L. ; CHURCH, K.H. "*Genetically engineered multiband fractal antenna*," Electronics Letters. Vol 37, September 2003, 1150-1152.
4. SALEH, A.S.; AUBERT, H." *Use of variable Lacunarity Multi-gap Cantor Slabs in Waveguides for the Design of Microwave filters*," Microwave and optical technology letters, vol.28, n°2, January 2001, 127-130.
5. SURRE,F.; A. SALEH, S.; AUBERT, H. " *Frequency Response of Self-Similar Planar Waveguides*," Microwave and optical technology letters, vol.37, n°3, may 2003, 208-210.

6. د.م السموءل صالح، أ. د.م تاج الدين جركس " تحليل وتصميم مصفوفة الهوائيات التجزيئية ومقارنتها بالمصفوفة. الخطية منتظمة المسافات والتغذية " تم قبوله للنشر في مجلة بحوث جامعة تشرين لعام 2009

7. MOLTENO, T.C.A.; WILLIAMS, P.J. "*NEC2^{++}: High Performance Numerical Electromagnetic Code*," University of Otago- New Zeland. Dep of Physics. 2005, 80-85.
8. PUENTE, C.; ROMEN, J. CARDAMA, A. " *The Koch monopole: A small fractal antenna*," IEEE Transaction on Antennas and propagation, vol.48, n°11, November 2001, 1773-1781.