

# Gratis antennes ontwerpen met de computer

## Installatie

1. Ga naar <http://home.ict.nl/~arivoors/>
2. Daar kan je kiezen uit twee versies: de "Default version" en de "3D extension". Deze laatste laat toe om de antenne en stralingsmodellen in een 3D weergave te renderen mbv DirectX, de eerste versie laat toe dit niet toe. Het 3D renderen is niet echt noodzakelijk voor het ontwerp, maar laat wel mooie screenshots toe :-).
3. Decomprimeer de zip file.
4. Voer het installatiebestand uit en volg de standaardstappen.
5. Klik op het icoon dat op je bureaublad gecreerd is met de naam "4NEC2" (of 4NEC2X) om het programma te openen.

## Theorie

Het programma 4NEC2 is gebaseerd op de gratis NEC-code, wat staat voor *Numerical Electromagnetics Code*. De code berekent de stroom op een geleider onder invloed van een opgelegd elektrisch veld. Hiervoor maakt ze gebruik van een discrete benadering van een integraalvergelijking. Met deze code is het dan mogelijk antennestructuren door te rekenen en bijvoorbeeld de SWR te minimaliseren in een bepaalde frequentieband.

## Een ideale dipoolantenne

Ter inleiding bekijken we het ontwerp van een eenvoudige dipoolantenne. Bij het opstarten vraagt 4NEC2 om een bestand te selecteren. Kies het bestand `_new.nec` uit de models-map. Er openen nu een aantal venstertjes. Aan elk venster is in NEC een sneltoets verbonden om het op de voorgrond te krijgen, deze sneltoets zal ik tussen haakjes vermelden.

- Het main-venster (F2) bevat een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van de antenne
- Het geometry-venster (F3) toont een draadmodel van de ontworpen antenne

Selecteer nu een van deze beide vensters en druk F6 om het geometry-edit-venster op de voorgrond te krijgen.

- In het geometry-edit-venster (F6) zullen we onze antenne tekenen

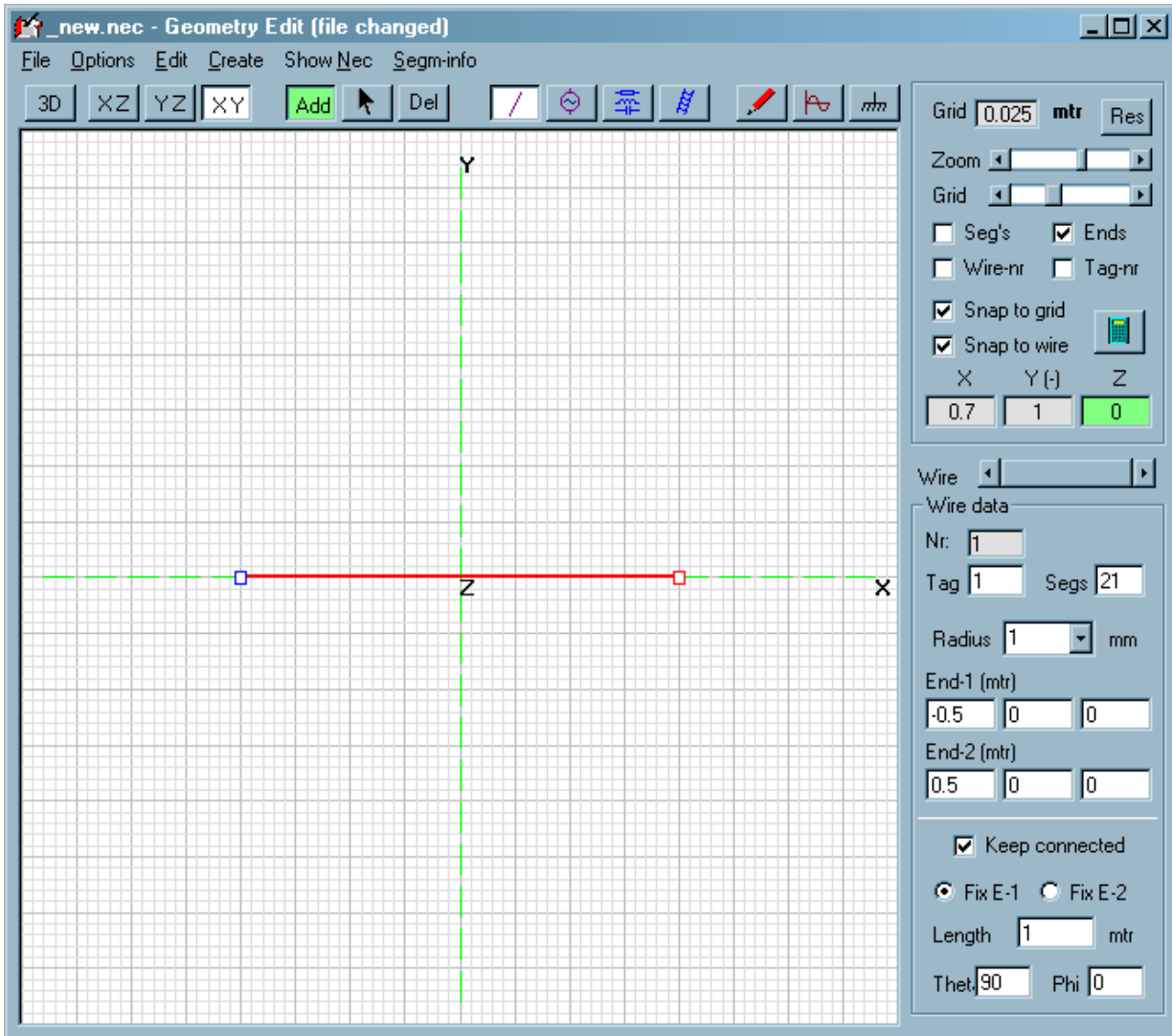
In dit geometry-edit-venster geven we eerst de golflengte in waarvoor onze dipool ontworpen wordt. Geef hier 2m in. NEC zal nu de grootte van het tekenvenster aanpassen tot een vierkant van ongeveer 2 meter. Klik nu bovenaan op de XY-knop om van een 3D-weergave naar een 2D-weergave in het XY-vlak over te gaan. In dit vlak zullen we onze dipool nu tekenen. Selecteer de Add knop en klik daarna op de knop met het lijntje in de werkbalk. Deze ziet er nu als volgt uit:




Afbeelding 1: De werkbalk in de modus "lijn toevoegen"

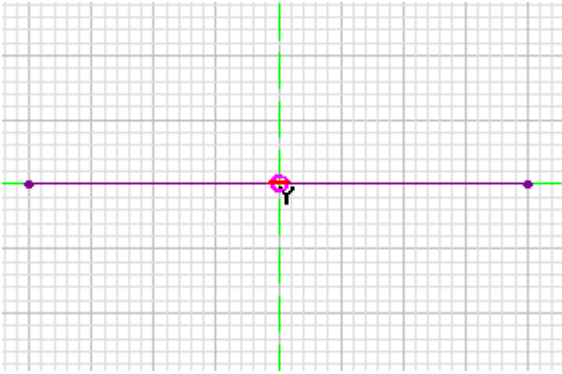
Wanneer je met de muis beweegt zie je dat de (x,y,z) – coördinaten rechts in het venster

veranderen. Ga nu met de muis halverwege de positieve x-as staan (coördinaten worden  $x=0.5$ ,  $y=0$  en  $z=0$ ). Druk de muisknop in en sleep deze naar halverwege de negatieve x-as (coördinaten  $x=-0.5$ ,  $y=0$  en  $z=0$ ). Daar laat je de muisknop los. NEC vraagt je om de straal van de draad in te geven. Accepteer de standaardwaarde van 1mm. Je zou nu volgend scherm moeten hebben:



Afbeelding 2: Geometry Edit venster na het maken van de eerste draad

Aangezien de draad van  $x=-0,5\text{m}$  tot  $x=0,5\text{m}$  loopt heeft deze een lengte van 1meter. Dit is dus een halve golflengte. Nu zullen we een bron aanbrengen. Klik in de werkbalk op de  knop. Druk de muisknop ergens in het tekenvenster in en sleep deze dan naar het midden van de draad. De bron wordt toegevoegd en de antenne ziet er als volgt uit:



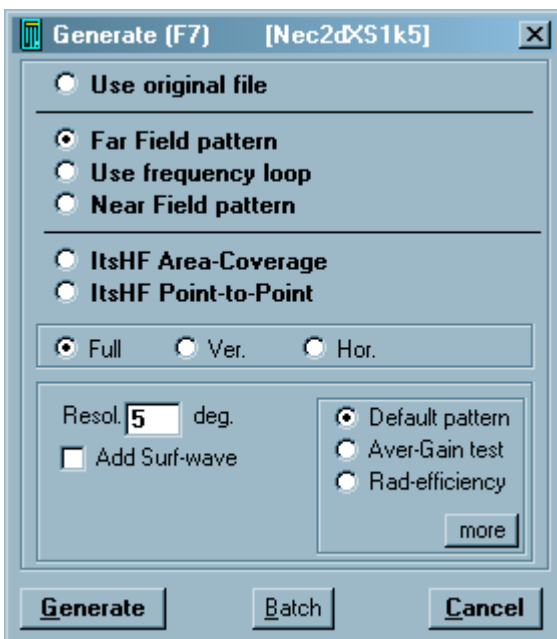
Afbeelding 3: Draad en bron

De bron die we net hebben toegevoegd is standaard een wisselspanningsbron van 1 Volt.

Sla de antenne nu op door (menu File>Save As) en geef het bestand als naam “dipool.nec”. Nu gaan we het stralingspatroon van de antenne bekijken. Selecteer een van de NEC-vensters en druk F7 om het Generate-venster te openen.

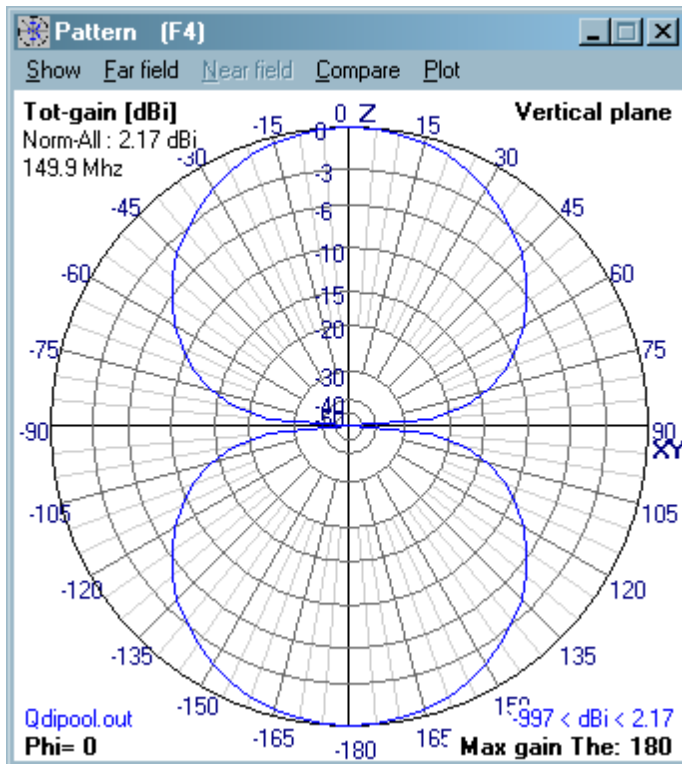
- Via Generate-Venster (F7) kan men stralingspatronen, SWR-curven en impedantieplots laten genereren.

Vul het venster zoals hieronder in en druk op Generate. We selecteren dus “Far Field pattern” omdat we de uitstraling op grote afstand willen kennen. De Resolutie stellen we in op 5 graden omdat dit een vloeiende curve geeft en toch voldoende snel gaat.



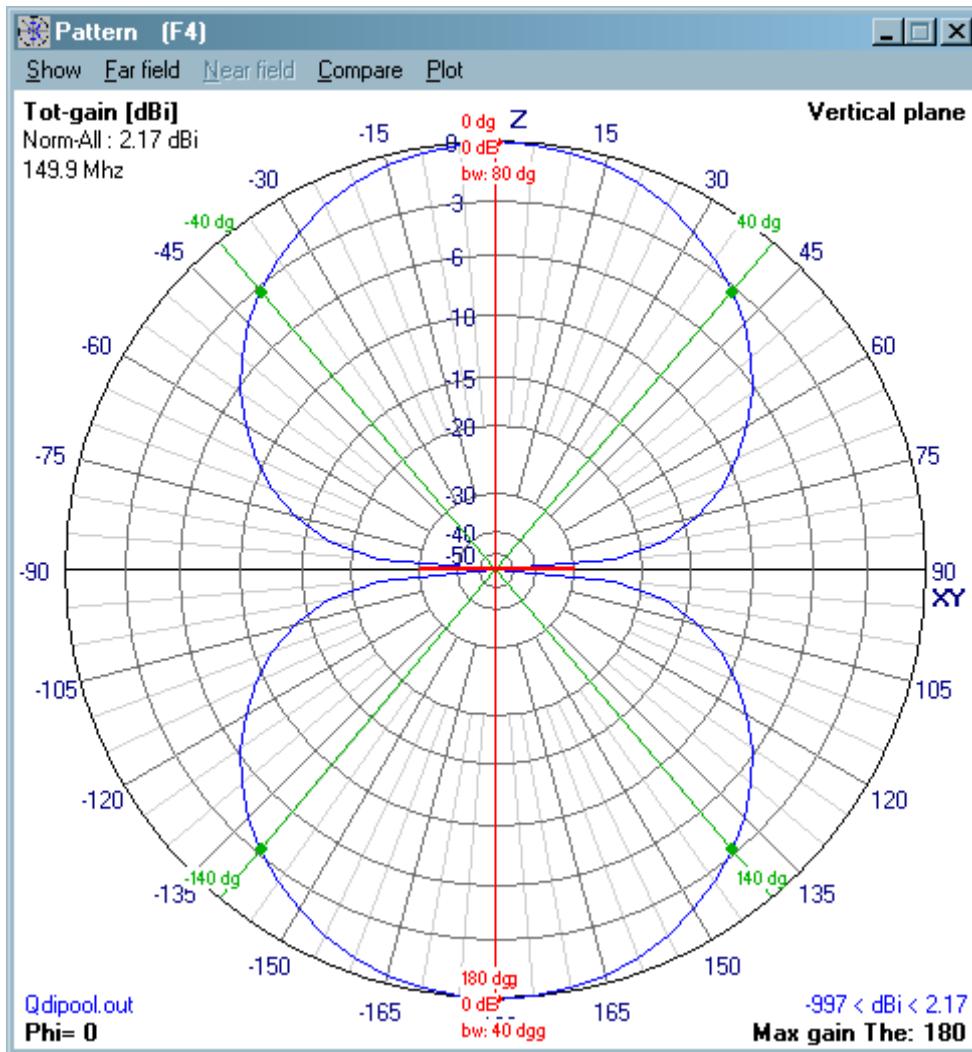
Afbeelding 4: Instellingen om de uitstraling te genereren

We krijgen nu een plot zoals in de figuur hieronder.



Afbeelding 5: Uitstraling van de dipool

Klik nu in het menu Show en vink daar zowel Info als Structure aan. Dan krijgen we volgende figuur:

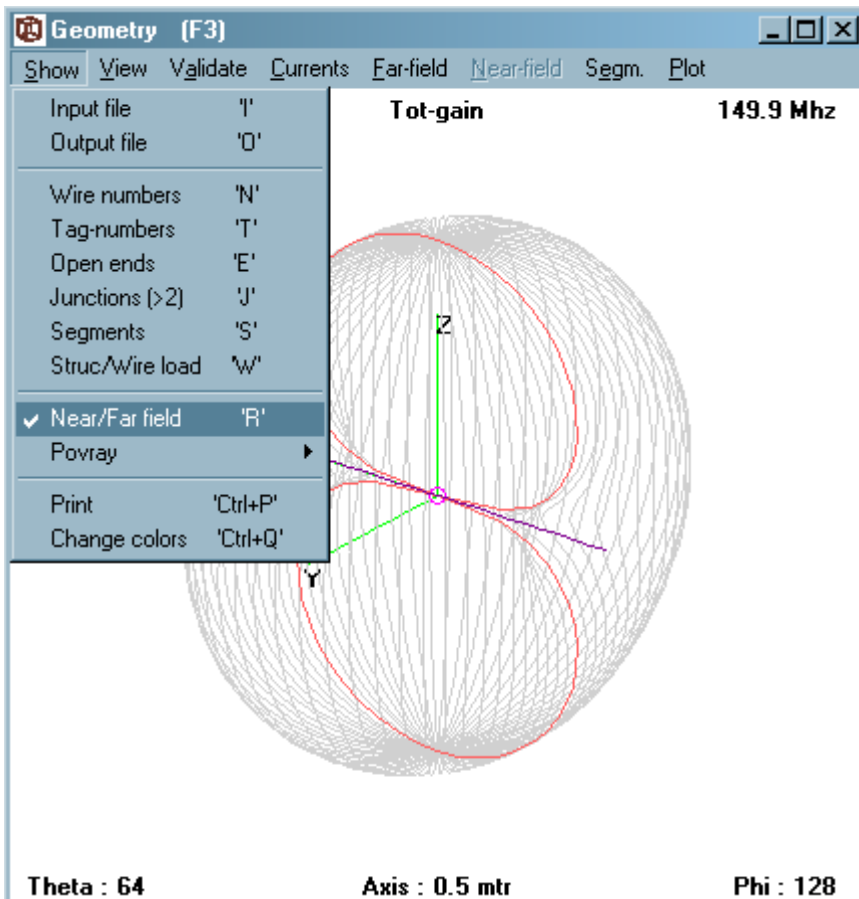


Afbeelding 6: Uitstraling dipool met extra info over bundelbreedte en maximale uitstralingsrichting

Nu zien we hoe de antenne geörienteerd is (de dikke lijn op de horizontale x-as). Ook worden de richtingen van maximale uitstraling aangegeven (0° en 180°). De groene lijntjes geven de bundelbreedte aan (dus bovenaan van -40° tot 40° wat een bundelbreedte  $bw=80^\circ$  levert). Bovenaan rechts zien we staan  $Norm-All: 2.17 \text{ dBi}$  wat betekent dat de dipool die we gemaakt hebben in zijn hoofdrichting 2,17 dB meer uitstraalt dan een omnistraler.

We kunnen ook op een punt van de blauwe curve klikken en kijken hoeveel uitstraling er daar is. In de hoofdrichting is dit 0dB (relatief ten opzichte van de hoofdrichting) en op de andere punten zal dit een negatieve waarde geven. We kunnen in stappen van 5° de uitstraling bekijken omdat we daarnet resolution op 5° hebben ingesteld.

Klik nu op F3 om naar het Geometry venster te gaan (niet het Geometry-edit venster). In het menu show selecteer je nu "Near/Far Field" om een draadmodel van de uitstraling in 3D te bekomen (zie figuur hieronder).

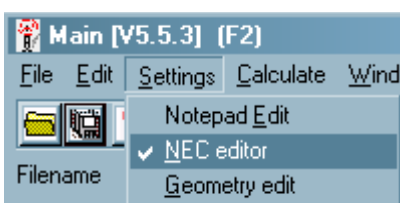


Afbeelding 7: Een draadmodel van de uitstraling in 3D

Schik de vensters nu zo dat je zowel het Pattern venster als het Geometry venster kan zien. In het geometry venster is in het rood aangeduid in welk vlak je in het Pattern-venster aan het kijken bent. Dit kan je zien door in het Pattern venster met de pijltjes op je toetsenbord naar links of rechts te gaan. De rode curve in het Geometry venster zal meebewegen. In plaats van een verticale snede kan je ook een horizontale snede plotten in het Pattern venster door in het menu Far Field het item Horizontal Plane aan te vinken.

De personen die de 4NEC2X editie hebben geïnstalleerd kunnen nu door op de F9-toets te duwen een gerenderde versie van hun antenne tonen. Door in het verkregen venster op de r-toets te duwen krijgt men dan ook een 3D versie van het stralingspatroon.

Intern slaat 4NEC2 de antennes op in eenvoudige tekstbestanden. We zullen deze tekstbestanden moeten bewerken als we wat moeilijkere antennes gaan maken, daarom gaan we er nu al eens een blik op werpen.. Ga naar het Settings menu van het main venster (F2) en vink "NEC editor" aan ipv "Geometry edit". Druk vervolgens F6 om de antenne te bewerken in tekstmodus.



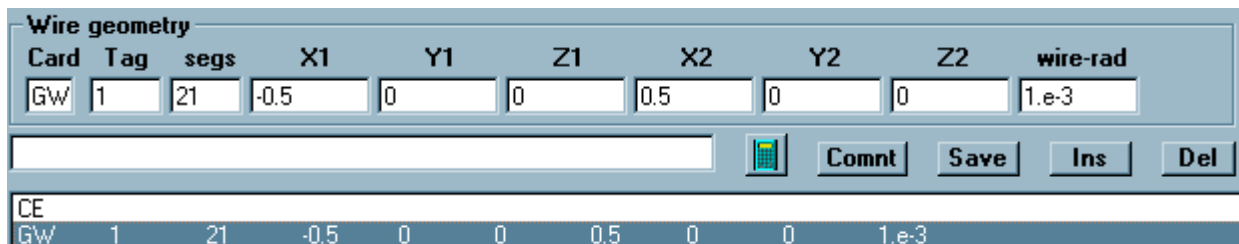
We krijgen volgende regels tekst te zien:

```

CE
GW 1 21 -0.5 0 0 0.5 0 0 1.e-3
GE 0
EX 0 1 11 0 1 0
GN -1
FR 0 1 0 0 149.9 0
EN

```

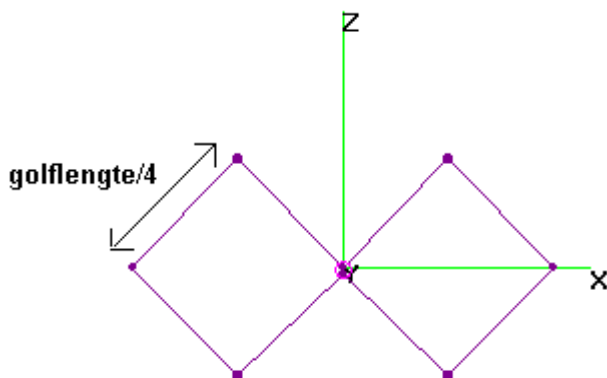
Elke regel tekst noemt men een “kaart”, en het geheel van kaarten beschrijft de structuur van de antenne. Als je in de NEC editor (F6) op zo een kaart klikt zie je bovenaan in het venster wat de kaart betekent en wat de parameters betekenen. Klik je bijvoorbeeld op de tweede regel (die begint met GW) dan krijg je het volgende te zien:



We zien dus dat de GW kaart staat voor “Wire Geometry” (beschrijft een draad die we getekend hebben). Deze draad loopt van coördinaten (-0,5 ; 0 ; 0) tot (0,5 ; 0 ; 0) en heeft straal  $1.e-3m = 10^{(-3)}m = 1mm$ . Wanneer je het opgeslagen .nec bestand opent in notepad krijg je ook deze regels tekst. In het volgende voorbeeld zullen we de antenne gedeeltelijk in notepad maken omdat we daar met variabelen kunnen werken.

## 1255MHz Biquad Antenne

In dit tweede deel gaan we een aantal meer geavanceerde dingen illustreren door een biquad antenne te bouwen die geschikt is voor 1255MHz gebruik. Deze antenne ziet eruit als twee vierkanten naast elkaar zoals op de figuur hieronder:



De zijde van zo een vierkant moet een kwart golflengte lang zijn.

We gaan nu een beetje een bizarre aanpak volgen om de antenne te construeren, maar ik vind dit de makkelijkste manier. Eerst beginnen we terug van een nieuwe nec-file (open terug \_new.nec). Zorg dat NEC terug in “geometry edit” modus staat (settings menu van het main venster). Open het geometry edit venster (F6) en geef als frequentie 1255MHz in. Teken vervolgens een willekeurige draad in het venster en sla het bestand op als biquad.nec. Open nu dit bestand met Notepad. Notepad (aka Kladblok) kan je het snelst

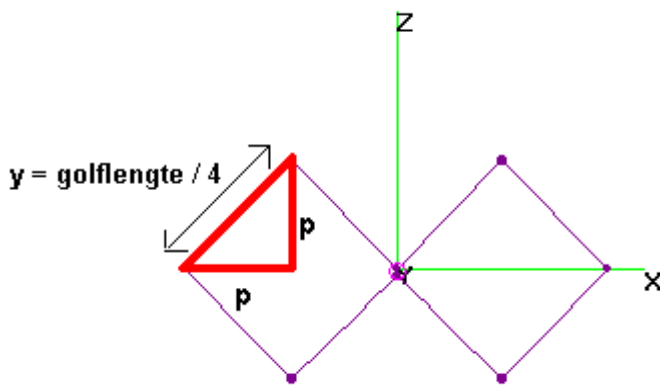
openen door in het *start menu* naar *uitvoeren* te gaan en daar *notepad* te typen. We zien dan ongeveer de volgende regels tekst:

```

CE
GW 1 19 -0.0225 0 -2.5e-3 0.065 0 0.0625 1.e-3
GE 0
GN -1
FR 0 1 0 0 1255 0
EN

```

De tweede regel betekent dus dat er een draad ligt tussen de punten met coördinaten (-0.0225, 0, -2,5e-3) en (0.065, 0, 0.0625) (de getallen kunnen bij u verschillend zijn). We gaan nu de coördinaten bepalen van de punten op de biquad antenne, zodat we onze draden kunnen toevoegen vanuit notepad. Hiervoor is wat wiskunde vereist, ik probeer het zo goed mogelijk uit te leggen.. We gebruiken notepad omdat de *geometry editor* in 4NEC2 ons niet toelaat nauwkeurig te werken. We kijken naar de rechte driehoek die in het vet is aangeduid in onderstaande figuur:



Wie zich nog wat wiskunde herinnert weet dat we de waarde van x kunnen berekenen als we de zijde van het vierkant kennen, door gebruik te maken van de stelling van Pythagoras. De lengte van de zijde bedraagt een kwartgolflengte, deze lengte noteren we als y. Dan geldt er :

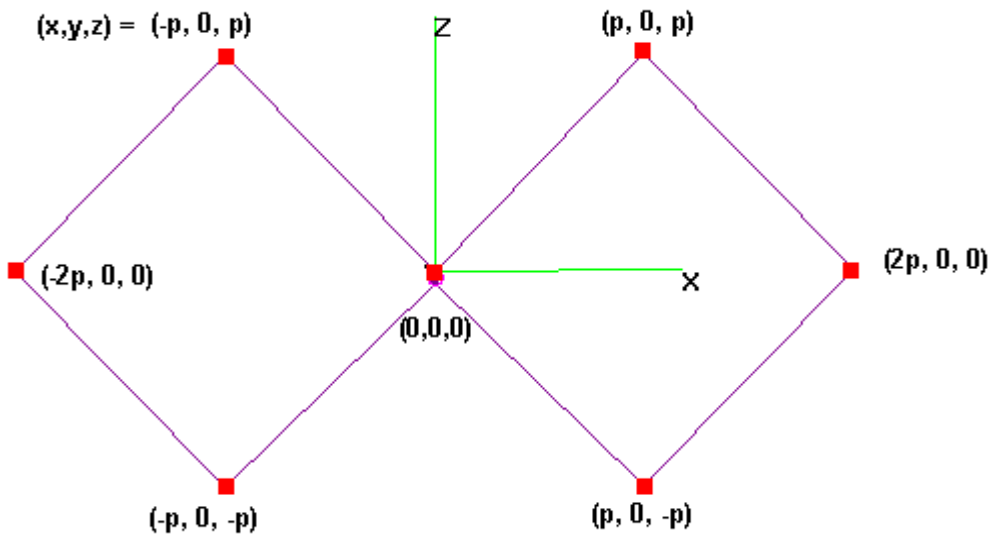
$$p^2 + p^2 = y^2 \rightarrow \text{stelling van pythagoras: rechthoekszijde}^2 + \text{rechthoekszijde}^2 = (\text{schuine zijde})^2$$

$$\text{of dus } 2p^2 = y^2$$

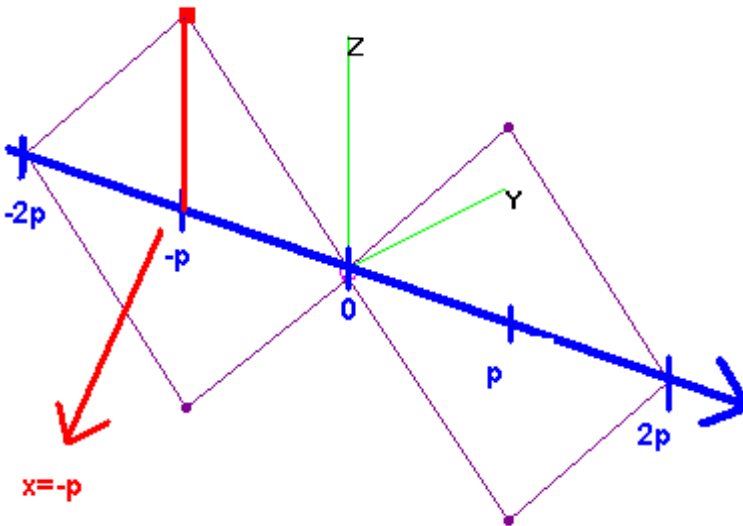
$$\text{of dus } p = \sqrt{y^2/2} = \sqrt{(\text{golflengte}/4)^2/2} = \sqrt{\text{golflengte}^2/32} = \text{golflengte}/\sqrt{32}$$

De afstand x bedraagt dus een golflengte gedeeld door de wortel uit 32. In onderstaande figuur worden de coördinaten van de draadeindpunten weergegeven.





Het punt linksboven (coördinaten  $(-p, 0, p)$ ) heeft bijvoorbeeld x-coördinaat  $= -p$  wegens volgende figuur:



Zo kunnen we de  $(x,y,z)$  coördinaten van alle punten bepalen. Tussen deze punten moeten we nu draden leggen, er komen dus 8 draden:

- 1e draad van  $(0,0,0)$  naar  $(-p,0,p)$
- 2e draad van  $(-p,0,p)$  naar  $(-2p,0,0)$
- 3e draad van  $(-2p,0,0)$  naar  $(-p,0,-p)$
- 4e draad van  $(-p,0,-p)$  naar  $(0,0,0)$
- 5e draad van  $(0,0,0)$  naar  $(p,0,p)$
- 6e draad van  $(p,0,p)$  naar  $(2p,0,0)$
- 7e draad van  $(2p,0,0)$  naar  $(p,0,-p)$
- 8e draad van  $(p,0,-p)$  naar  $(0,0,0)$

Deze draden willen we nu aan het biquad.nec bestand toevoegen. Open het daartoe in Notepad. Er staat al één GW-kaart (de tweede lijn). Wijzig deze als volgt:

```
GW 1 19 0 0 0 -p 0 p 1.e-3
```

Nec zal dit interpreteren als "trek een draad van coördinaten  $(0,0,0)$  naar coördinaten  $(-p,0,p)$  met

dikte 1.e-3m (=1mm). Dit beschrijft dus onze eerste draad! We zullen later de waarde van p opgeven via een variabele. Eerst voegen we ook de overige zeven draden toe aan het nec bestand. Daartoe kopiëren we de lijn die we net hebben aangepast en plakken deze zeven keer eronder. Het cijfer 1 dat vlak na de tekst GW staat slaat op de index van de draad. Elke draad moet een verschillende index hebben, dus veranderen we deze 1 in een 2 voor de tweede GW-kaart enzovoort voor de andere draden. We krijgen volgende kaarten:

```

CE
GW  1  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  2  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  3  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  4  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  5  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  6  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  7  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  8  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GE  0
GN -1
FR  0  1  0  0  1255  0
EN

```

Nu vullen we ook de coördinaten van de overige draden correct in. We krijgen dan volgend bestand:

```

CE
GW  1  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  2  19  -p  0  p  -2p  0  0  1.e-3
GW  3  19  -2p  0  0  -p  0  -p  1.e-3
GW  4  19  -p  0  -p  0  0  0  1.e-3
GW  5  19  0  0  0  p  0  p  1.e-3
GW  6  19  p  0  p  2p  0  0  1.e-3
GW  7  19  2p  0  0  p  0  -p  1.e-3
GW  8  19  p  0  -p  0  0  0  1.e-3
GE  0
GN -1
FR  0  1  0  0  1255  0
EN

```

Het enige wat we nu nog moeten doen is de waarde van p invullen. Hiervoor voegen we een variabele toe, dit gebeurt via een SY kaart. We berekenden hierboven reeds dat

$$p = \text{golflengte} / \sqrt{(32)} .$$

Bij 1255MHz bedraagt de golflengte 23,88cm en is een golflengte gedeeld door wortel 32 dus gelijk aan  $p = 4,22\text{cm} = 0,0422$  meter. We voegen dus boven de draden de regel

SY p=0.0422

toe. Dit levert tenslotte volgend biquad.nec bestand:

```

CE
SY p=0.0422
GW  1  19  0  0  0  -p  0  p  1.e-3
GW  2  19  -p  0  p  -2p  0  0  1.e-3
GW  3  19  -2p  0  0  -p  0  -p  1.e-3
GW  4  19  -p  0  -p  0  0  0  1.e-3
GW  5  19  0  0  0  p  0  p  1.e-3
GW  6  19  p  0  p  2p  0  0  1.e-3
GW  7  19  2p  0  0  p  0  -p  1.e-3
GW  8  19  p  0  -p  0  0  0  1.e-3

```

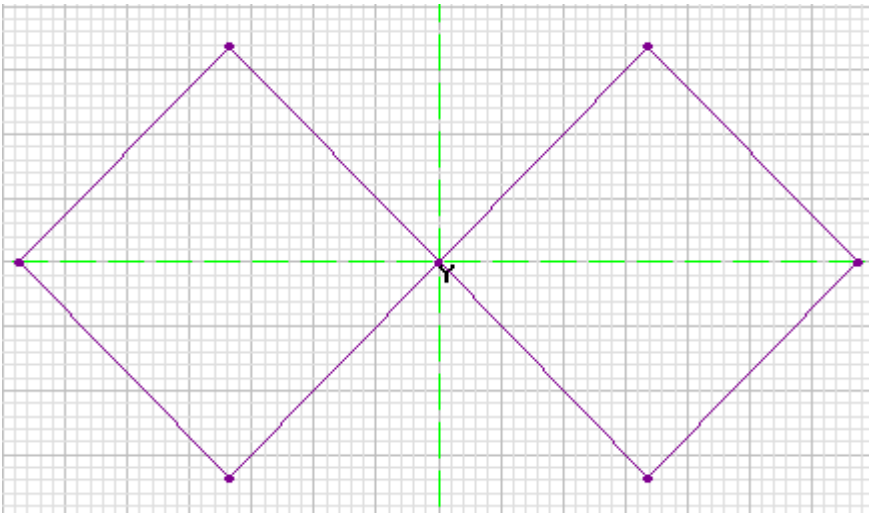
```

GE 0
GN -1
FR 0 1 0 0 1255 0
EN

```

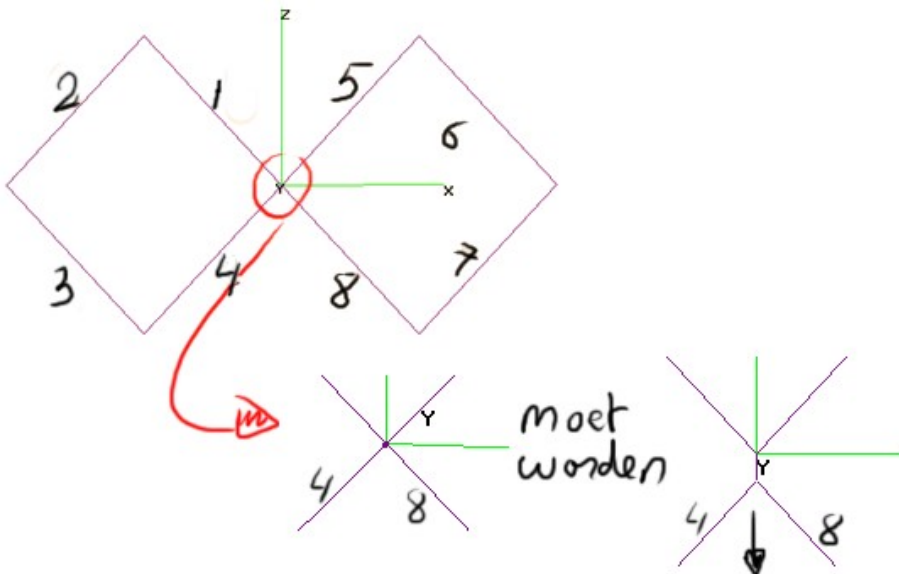
Om te kijken of we geen fouten gemaakt hebben openen we dit bestand in 4nec2 en kijken we naar de geometry (F3). Indien er ergens een draad ontbreekt of zo vergelijk je best eens met de gegeven file hierboven, en kijk je of er nergens een minteken ontbreekt.

Als alles goed is heb je nu dus twee fantastisch leuke vierkantjes getekend zoals in onderstaande figuur.



**Excitatiebron van de biquad..**

Nu moeten we echter onze spanningsbron aanbrengen. Bij een biquad moet deze in de oorsprong komen (waar de twee vierkanten bij elkaar komen), met een klem aan de bovenkant en een klem aan de onderkant. Hiervoor moeten we echter nog een draadje tussenvoegen. Dit doen we terug in de broncode. In onderstaande schets heb ik proberen duidelijk maken wat er moet gebeuren. We moeten een klein draadje tussen de bovenkant (waar draad 1 en 5 samenkomen) en de onderkant (waar draad 4 en 8 samenkomen). Hiervoor zullen we het punt waar draden 4 en 8 samenkomen een klein beetje verlagen en draden 1 en 5 gewoon laten liggen. Dan voeren we een nieuwe draad in tussen de oorsprong (waar 1 en 5 samenkomen) en het verlaagde punt waar 4 en 8 samenkomen.



De NEC code van de antenne met extra draad is de volgende:

```

CE
SY p=0.0422
SY 1=0.005
GW 1 19 0 0 0 -p 0 p 1.e-3
GW 2 19 -p 0 p -2p 0 0 1.e-3
GW 3 19 -2p 0 0 -p 0 -p 1.e-3
GW 4 19 -p 0 -p 0 0 -1 1.e-3
GW 5 19 0 0 0 p 0 p 1.e-3
GW 6 19 p 0 p 2p 0 0 1.e-3
GW 7 19 2p 0 0 p 0 -p 1.e-3
GW 8 19 p 0 -p 0 0 -1 1.e-3
GW 9 1 0 0 0 0 0 -1 1.e-3
GE 0
GN -1
FR 0 1 0 0 1255 0
EN

```

In het vet is aangeduid wat er gewijzigd is (niet veel dus!). Op de derde regel heb ik een variabele l toegevoegd die gewoon een erg klein getal bevat. Dit is de afstand waarover we het snijpunt van draad 4 en 8 gaan verlagen. Op de regel die draad vier beschrijft veranderen we dan de tweede coördinaat van de draad:  $(x,y,z)=(0,0,0)$  wordt nu dus  $(x,y,z)=(0,0,-l)$ . Voor draad 8 doen we hetzelfde. Tenslotte voegen we nog een nieuwe draad toe met index 9 en tussen de oorsprong  $(0,0,0)$  en het verlaagde punt  $(0,0,-l)$ . Speciaal aan deze draad is dat deze maar 1 segment bevat (het getal dat bij de andere draden 19 is is hier een 1). Dit getal beschrijft het aantal segmenten waarin het programma de draad zal opsplitsen. Hoe meer segmenten hoe nauwkeuriger de berekening zal worden, maar het heeft geen zin een erg kleine draad in overdreven veel segmenten op te delen. Als je nu het bestand terug opent in NEC zie je er een draad is toegevoegd zoals het hoort.

Oef! Onze draden liggen definitief goed nu! Nu rest er ons enkel nog een spanningsbron toe te voegen. Maak eerst een kopie van je origineel bestand (bijvoorbeeld door het te openen in 4nec2 en dan via file>"save as" het onder een andere naam op te slaan. Ga dan naar de geometry editor (F6) en zoom volledig in op de oorsprong tot je de kleine draad ziet. Klik op "Add" en dan op de knop met de bron. Sleep de bron naar de kleine draad (dit vereist wat precisie). Sla het bestand op (dus onder een andere naam zodat je het andere bestand nog hebt). Open dit nu in Notepad. Je ziet het volgende:

```

CE
GW 1 19 0 0 0 -0.0422 0 0.0422 1.e-3
GW 2 19 -0.0422 0 0.0422 -0.0844 0 0 1.e-3
GW 3 19 -0.0844 0 0 -0.0422 0 -0.0422 1.e-3
GW 4 19 -0.0422 0 -0.0422 0 0 -5.e-3 1.e-3
GW 5 19 0 0 0 0.0422 0 0.0422 1.e-3
GW 6 19 0.0422 0 0.0422 0.0844 0 0 1.e-3
GW 7 19 0.0844 0 0 0.0422 0 -0.0422 1.e-3
GW 8 19 0.0422 0 -0.0422 0 0 -5.e-3 1.e-3
GW 9 1 0 0 0 0 0 -5.e-3 1.e-3
GE 0
EK
EX 0 9 1 0 1 0
GN -1
FR 0 1 0 0 1255 0
EN

```

Het is even schrikken: al onze variabelen zijn weg! Dit komt doordat 4NEC2 nog niet overweg kan

met variabelen. Dus telkens je een bestand met variabelen in NEC bewerkt en opslaat zullen je variabelen wegzijn.. Maar geen nood, we hebben dit bestand onder een andere naam opgeslaan, dus we hebben het origineel nog. Open dus terug het origineel bestand, en kopieer de in het vet aangeduide regel

**EX** 0 9 1 0 1 0

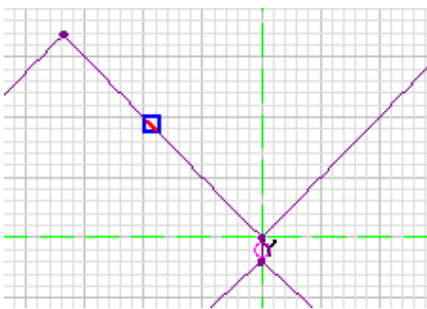
naar het origineel bestand (plak ze onder de GE kaart). De EX kaart beschrijft de excitatie die we zonet hebben toegevoegd: een spanningsbron op draad 9. Nu hebben we dus een NEC-bestand dat al onze draden bevat en een spanningsbron.

### **Realistische draden..**

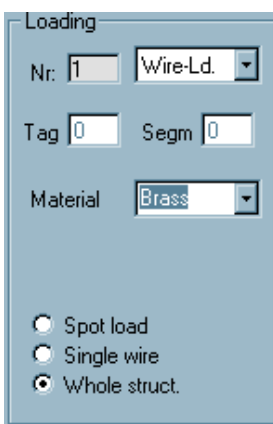
Open nogmaals de “slechte kopie” van daarnet (het bestand waar 4NEC2 de variabelen uit verwijderd heeft) met 4NEC2. Ga naar de Geometry Editor (F6) en klik op Add en dan op de “RLC loading” knop (met een spoeltje, een weerstand en een condensator er op).



We gaan een zeker verlies aan onze draden toekennen. Voorlopig denkt het programma immers dat onze draden uit perfect geleidend metaal gemaakt zijn. Sleep dus met de muis een load naar een draad. Op de draad verschijnt een klein blauw vierkantje.



Rechts in de geometry editor verschijnen de eigenschappen van deze “load” die je net hebt toegevoegd. Het vierkantje laat ons weten dat er op die plaats een verlies in de draad is. Dit willen we echter niet, we willen een verlies dat over de hele structuur gespreid is. Vink daarom “Whole Struct” aan en selecteer in de keuzelijst “Wire-Ld”. Als materiaal kies je “Brass” (Engels voor messingdraad). Het blauwe vierkantje zou moeten verdwenen zijn.



Om de load zichtbaar te maken ga je naar het Geometry venster (F3) en klik je in het menu op Show>Struc/Wire Load. De hele antennestructuur zou nu bruin moeten kleuren, wat betekent dat het verlies over de hele structuur gespreid is (de hele antenne bestaat uit messingdraad).

Open het bestand terug in notepad, zoek de regel die gewijzigd is:

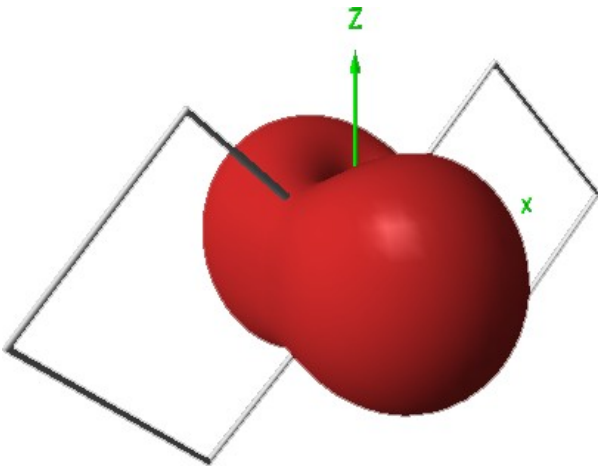
```
LD 5 0 0 0 10000 0
```

en plak deze terug in het correcte bestand met de variabelen (plak deze regel onder of boven de regel die de bron beschrijft, dus de regel die met EX begint).

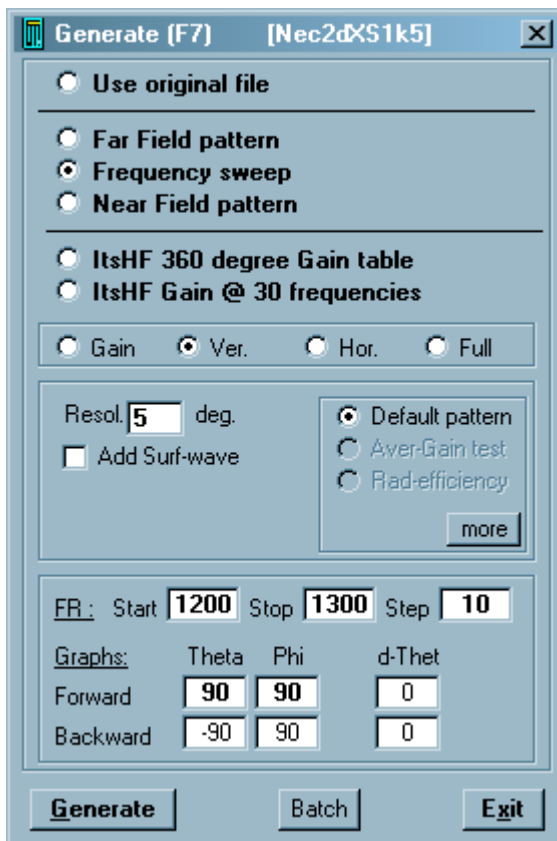
Ziezo! De antenne is gebouwd! Het zware werk is eindelijk achter de rug, en de pret kan beginnen..

### ***Nuttige informatie over onze biquad berekenen..***

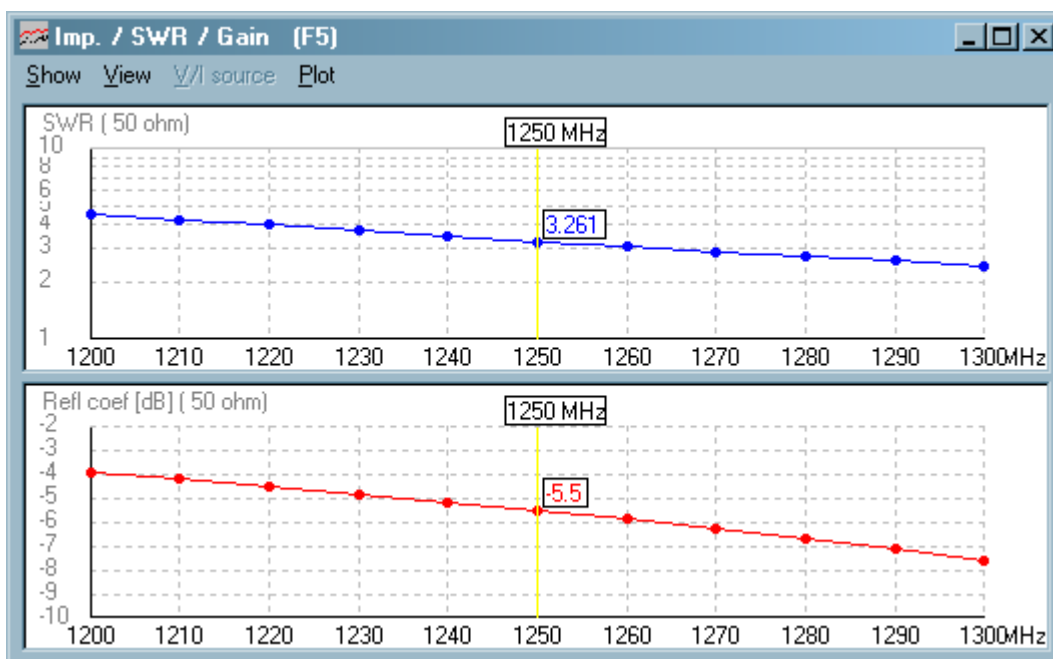
Klik in het menu van het main-venster op Calculate>Nec Output Data (F7) en genereer het "Far Field Pattern", zoals we ook voor de dipool gedaan hebben. Opnieuw kan je alle gegevens bekijken in het Pattern venstertje (F4). Een gerenderde plot kan je maken door op F9 te drukken, en in het venster dat dan verschijnt op de "R" toets te drukken om het stralingspatroon te tonen. Je krijgt dan een mooie figuur zoals hieronder waarop je het stralingspatroon in 3 dimensies ziet.



Een SWR-plot maken we door terug in het F7 venster te gaan maar nu te klikken op "Frequency Sweep". Vul het venster als volgt in, om een sweep te doen tussen 1200 en 1300MHz:



Je krijgt volgende SWR-plot te zien:

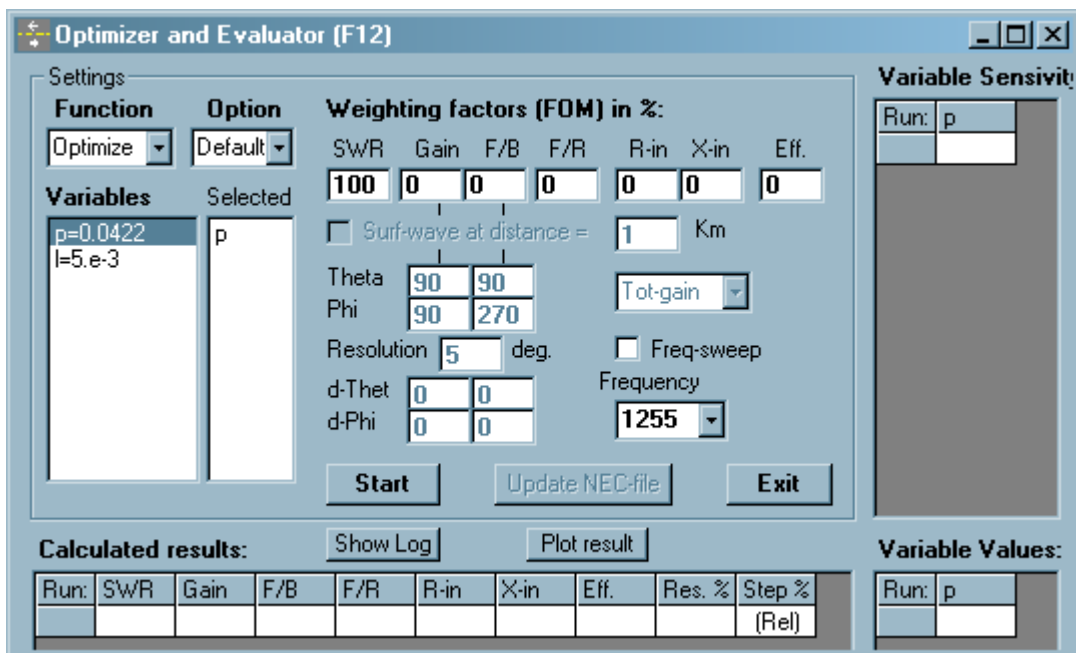


De SWR rond de werfrequentie bedraagt dus 3.261, wat eigenlijk nog niet zo erg goed is. In dit venster (F5) kan je trouwens ook de winst zien over dit frequentiebereik door in het menu Show>Gain aan te klikken. De impedantie van de antenne toon je via Show>Imped/Phase.

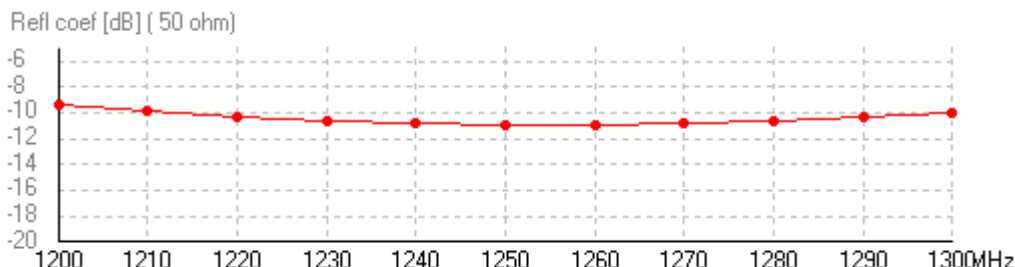
Als je gewoon bent om met Smith kaarten te werken kan je het verloop doorheen deze frequentieband ook tonen op een Smithkaart door op F11 te duwen. Met de pijltjestoetsen verander je de frequentie.

## Optimalisatie..

Zoals we daarnet zagen is onze SWR bij 1255MHz nog niet super. Daarom gaan we de antenne wat "tunen". Ook dit kan in het programma 4NEC2 via de optimaliseerfuncties. Maak opnieuw een kopie van het finale bestand uit het vorige deel, en open dit met NEC. Druk op F12 om de Optimizer te openen. Links in dit venster zie je een lijst "Variables" waar je de variabelen kan selecteren waarmee NEC zal optimaliseren. Klik op de variabele p, zodat deze in de rechtse lijst verschijnt. Midden in het Optimize venster zie je de "Weighting Factors", dit zijn de eigenschappen van de antenne die NEC zo goed mogelijk zal proberen krijgen door het variëren van de variabele(n) die je zonet hebt geselecteerd. Geef voor SWR 100 in, en klik met rechts in het SWR-tekstvak en vink "minimize" aan. Voor al de andere eigenschappen geef je nul in. NEC zal dus voor 100% naar de SWR optimaliseren, en geen rekening houden met andere eigenschappen. Het Optimize venster zou er nu als volgt moeten uitzien:



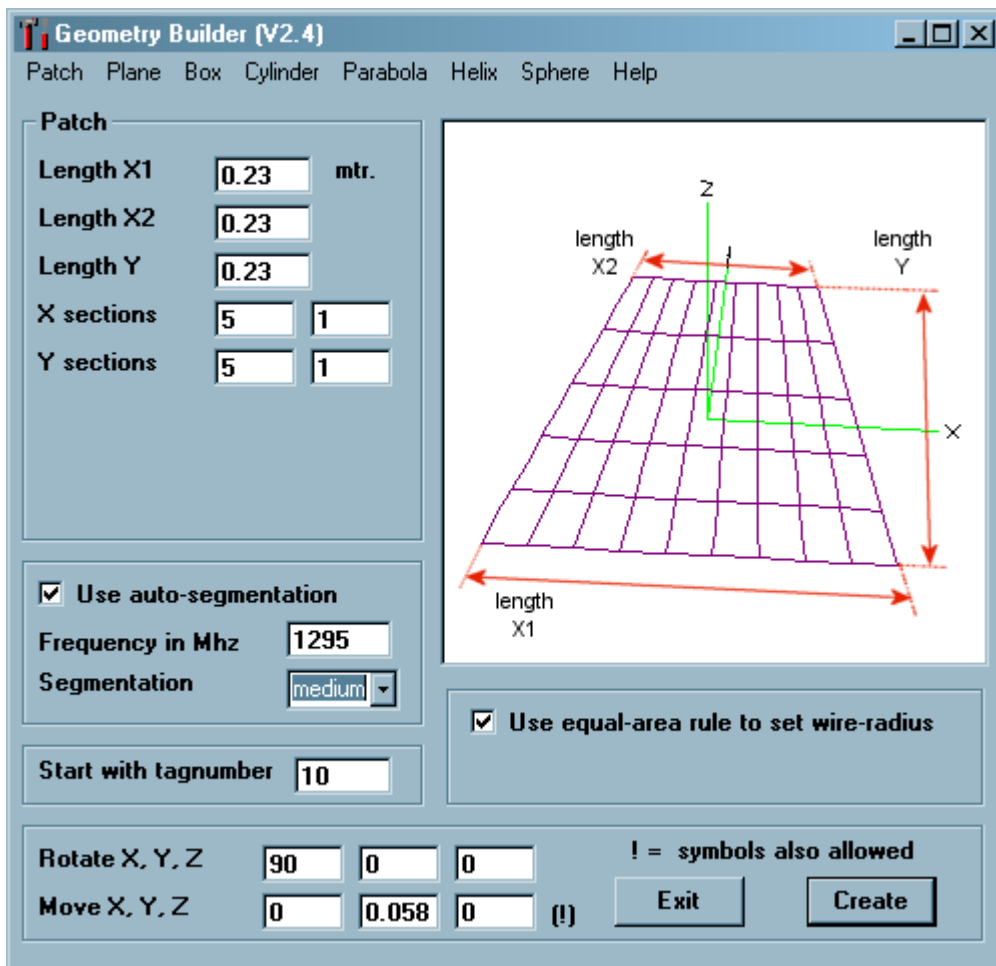
Klik op Start om met het optimaliseren te beginnen! Na een minuutje zal NEC stoppen met optimaliseren en een ideale waarde voor p berekend hebben (namelijk  $p=0,0471$ ). Klik op "Update NEC file" om het bestand met deze nieuwe waarde te vernieuwen. Open het bestand vervolgens opnieuw en bereken terug de SWR zoals voorheen (F7 en Frequency Sweep). We krijgen een meer aanvaardbare waarde voor de SWR bij 1255MHz, namelijk  $SWR=1,795$ .



## Reflector..

Om de winst wat te verhogen maken we de antenne nog wat directiever. Daartoe gaan we een reflectievlak achter de antenne aanbrengen. Ga in het menu Run naar Geometry Builder. Je krijgt een hulptool waarmee je de draden voor allerlei geometrische figuren vanzelf kan laten genereren. Klik op het eerste tabblad "Patch" (een rechthoekig vlak). Vul het venster in zoals op de figuur hieronder:





De betekenis van X1, X2 en Y is in de figuur in het venster weergegeven. Het aantal X- en Y-secties heb ik op 5 gekozen, dit bepaalt het aantal draden. In het rotate venster heb ik voor X 90 ingevuld omdat de tool standaard een vlak maakt in het XY-vlak, en wij willen er eigenlijk een in het XZ-vlak (zodat het vlak achter onze antenne komt). Bovendien vullen we onder Move Y=0.058 in zodat ons vlak niet IN het XZ vlak ligt maar er een beetje boven (onze antenne ligt immers al in het XZ vlak en we willen niet dat onze antenne IN ons reflectorvlak ligt!). Een laatste belangrijke optie is "Start with tagnumber". Dit geeft aan welke index de eerste draad moet krijgen. Aangezien we in onze biquad al negen draden (met index 1 tem 9) hebben gebruikt laten we het reflectorvlak beginnen bij draadindex 10. Dit vermijdt problemen bij het samenvoegen van beide bestanden (antennebestand en reflectorbestand) later. De segmentatie zetten we op *medium*.

Klik vervolgens op Create, 4NEC2 zal nu Kladblok opstarten met de gegenereerde file. Sla deze op onder een nieuwe naam in de map met je andere files. Bekijk de aangemaakte file met 4NEC2 om het aangemaakte reflectorvlak te inspecteren. Als alles er goed uitziet gaan we dit reflectorvlak achter onze biquad plaatsen!

Open beide bestanden (de biquad en de reflector) met Kladblok. We gaan de biquad-gegevens nu in het reflectorbestand overnemen zodat we zowel een antenne als een reflector in één bestand hebben. Daartoe moeten we eerst en vooral de variabelen (SY regels) en de draden (GW regels) overnemen. In het biquad bestand staan deze tussen een CE en een GE kaart, dus plakken we deze in het reflectorbestand ook tussen deze kaarten (dus plak ze na de CE kaart). Dan blijven er nog de regels

```
LD 5 0 0 0 10000 0
EX 0 9 1 0 1 0
GN -1
```

Deze staan in het biquad bestand na de GE kaart, dus doen we dat in het reflectorbestand ook.

Het uiteindelijke bestand is op de site te vinden. Een screenshot van onze finale biquad met reflector is hieronder te zien.

