

Antene elicoidale



Construcția unei antene elicoidale

C = circumferința spiralei = πD ;

S = distanța dintre spire (centru în centru);

α = unghiul de înclinare = $\arctan S / \pi D$; unghiul dintre linia tangenta la helix și planul normal la helix

L = lungimea unei spire;

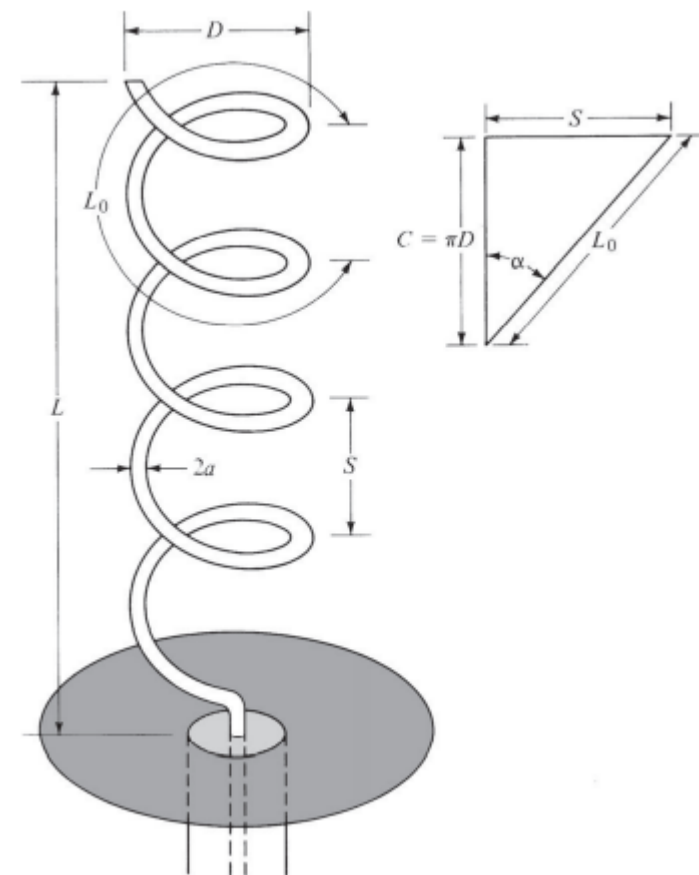
n = numărul de spire;

A = lungimea axială = nS ;

D = diametrul conductorului spiralei.

Diametrul **D** și circumferința **C** se referă la cilindrul imaginar a cărui suprafață trece prin linia centrală a conductorului spirei.

Dacă o rotire a unei spirale circulare este derulată pe un plan plat, relația dintre distanța **S**, circumferința **C**, lungimea spirei **L** și unghiul de înclinare α este ilustrată de triunghiul din Figura



Lungimea totală a firului = nL_0

Lungimea totală axială (A) = nS

$$L_0 = \sqrt{S^2 + C^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{S}{C} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{S}{\pi D} \right)$$

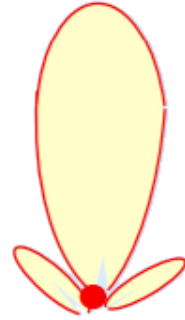
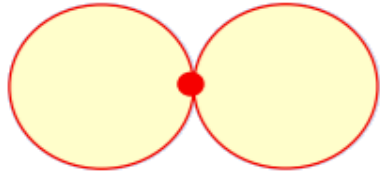
Cazuri speciale de antene elicoidale:

Caz 1: $\alpha = 0^\circ \Rightarrow S = 0 \Rightarrow$ Antenă loop (buclă)

Caz 2: $\alpha = 90^\circ \Rightarrow D = 0 \Rightarrow$ Antenă liniară

Reference: JD Kraus, Antennas, Tata-McGraw Hill, 1988

Moduri diferite la care funcționează antenele elicoidale



**Mod
normal**

$$C = \pi D \ll \lambda$$



**Mod
axial**

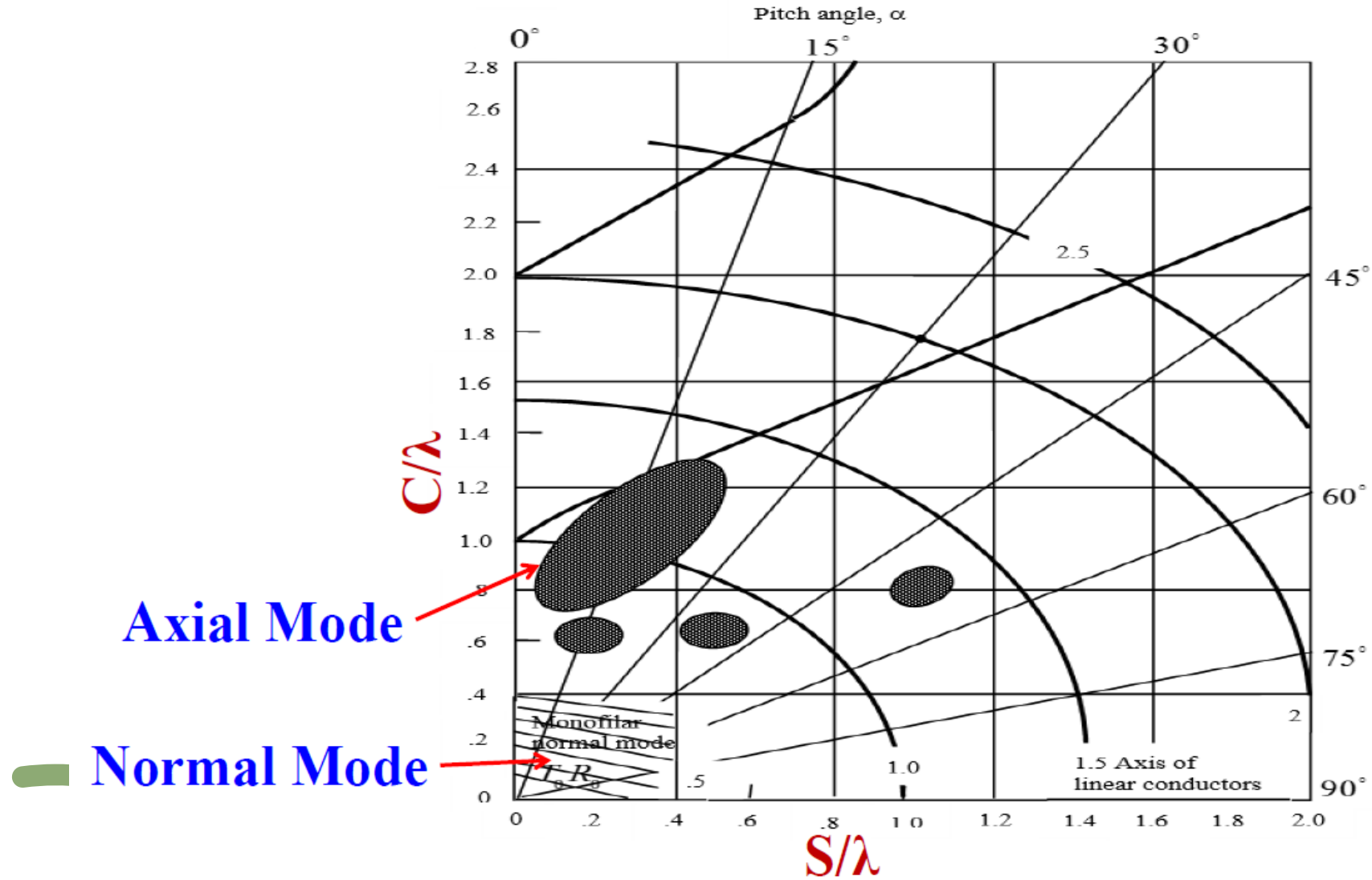
$$C \approx \lambda$$



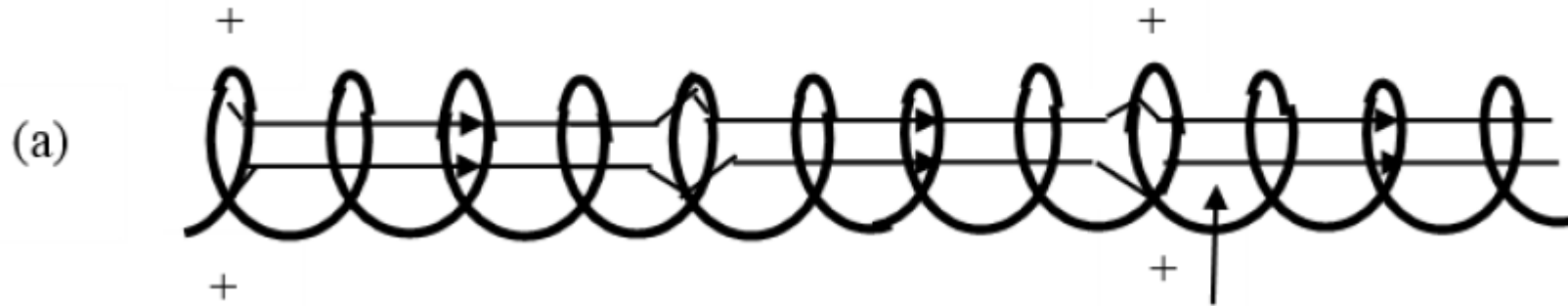
**Mod
conic**

$$C \approx n\lambda, n = 2, 3..$$

Reprezentarea modurilor antenelor elicoidale



Distribuția de câmp în diferite moduri

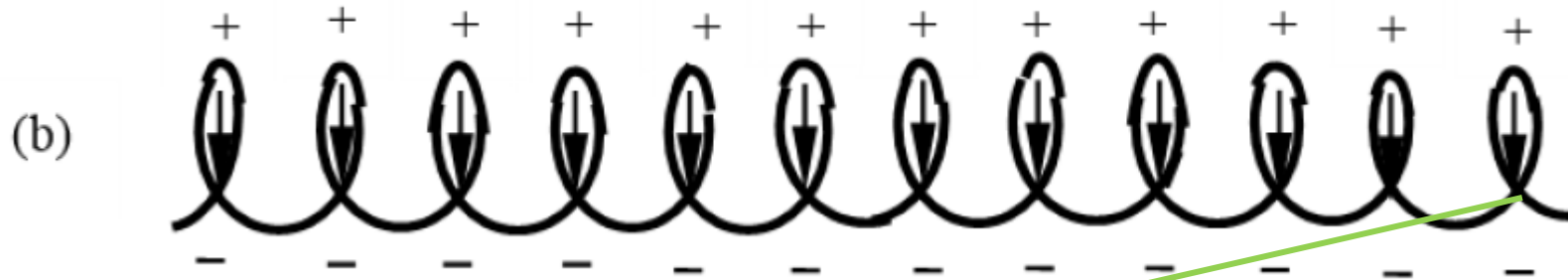


$$C \ll \lambda$$

 T_0

Mod
normal

C e foarte mic, deci trecerea de la + la - se face de la un capăt la celălalt al antenei, deci distribuția de câmp este diferită de cea pentru modul axial



$$C \approx \lambda$$

 T_1

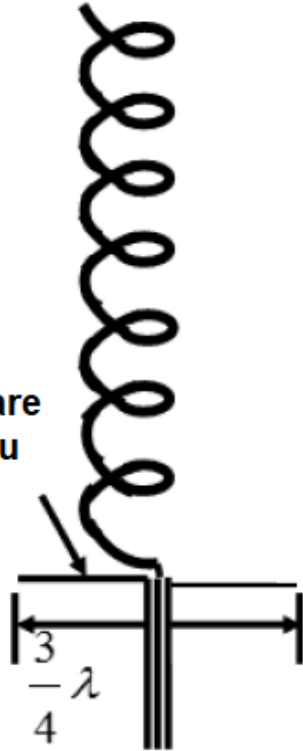
Mod
axial



Moduri de
ordine superioare

Antena elicoidală de mod axial-plan de masă (de pământare)

Plan de pământare plan (circular sau pătrat)



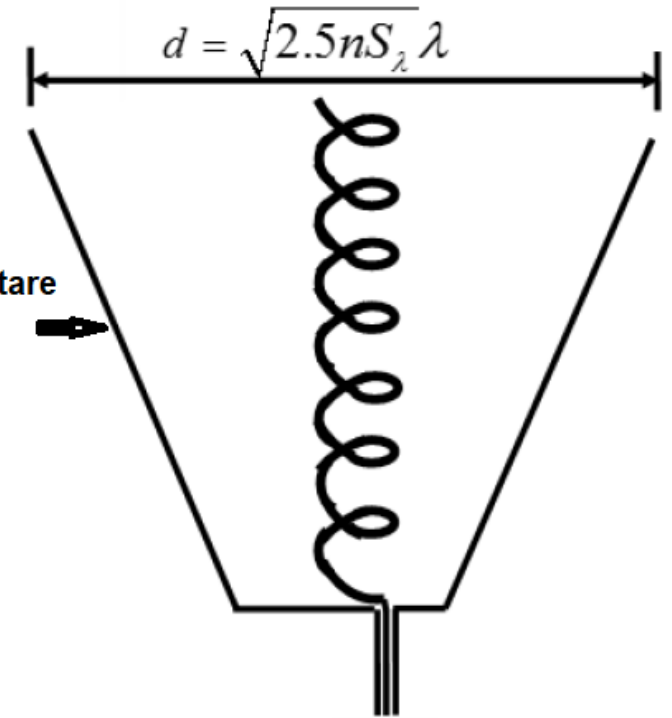
Diametrul elicelul ar trebui să fie de aproximativ 0.3λ , deci planul de pământare trebuie să fie de cel puțin $\frac{3}{4}\lambda$ pentru a evita radiațiile din spatele antenei, trebuie să avem front to back ratio cât mai mare

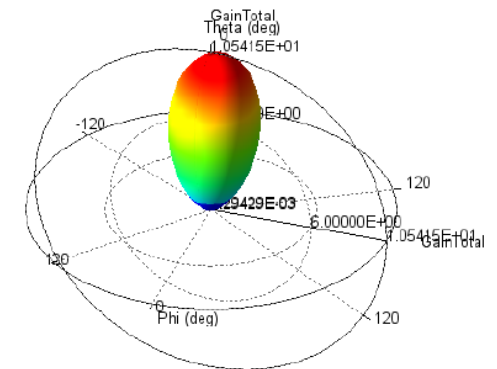
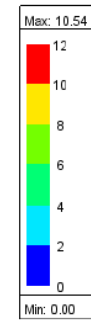
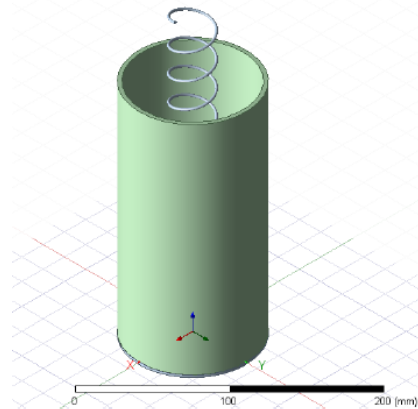
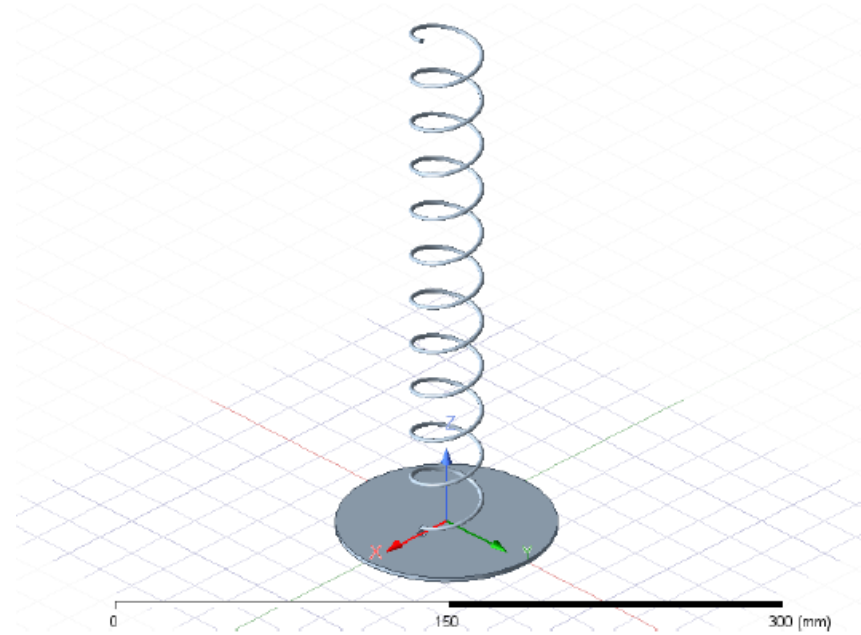
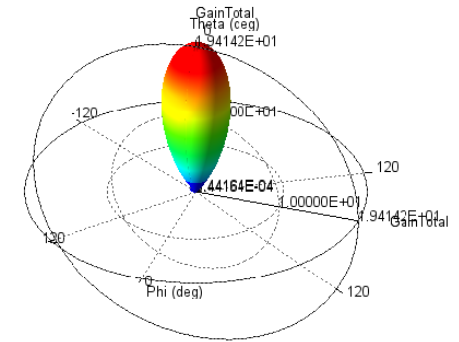
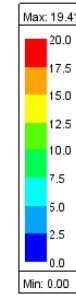
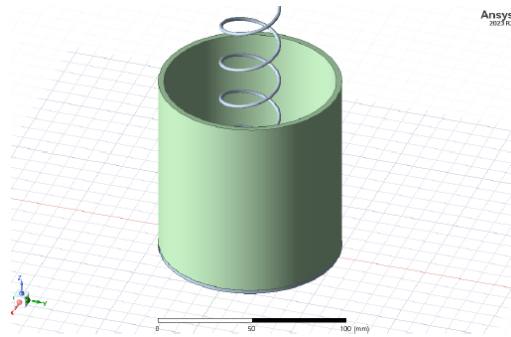
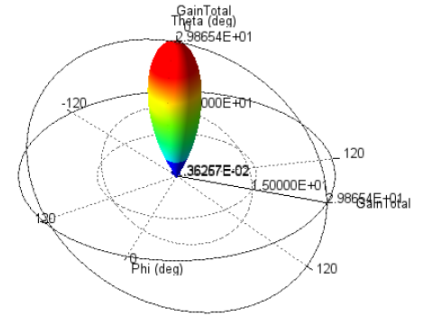
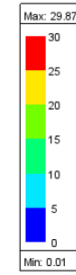
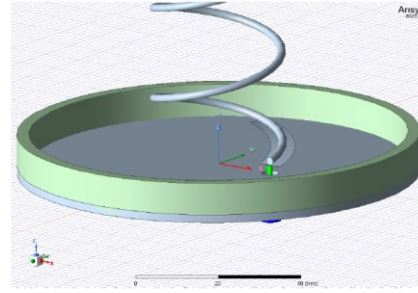
Plan de pământare cupă (cavitate)



Acest plan de pământare nu permite trecerea radiației în spatele antenei, concentrând radiația în față

Plan de pământare cu închidere adâncă conică





Dimensiunea firului conductor al antenei elicoidale

- În mod axial
 - Diametrul firului poate varia mult
 - Dacă firul este subțire atunci se va dori un suport pentru el; acest suport nu trebuie să fie din conductor ci din lemn sau dielectric
 - Dacă firul este gros nu avem nevoie de suport, dar trebuie să luăm în considerare greutatea
 - Dacă vorbim de acest mod, dimensiunea firului nu influențează

Impedanța de intrare-antena elicoidală de mod axial

Parte reactiva aproape de 0...dar diferita de 50 ohmi

- Pentru alimentarea axială:

$$R = 140 * C_{\lambda} \Omega$$

- Pentru alimentarea periferică sau circumferențială:

$$R \approx 150 / \sqrt{C_{\lambda}} \Omega$$

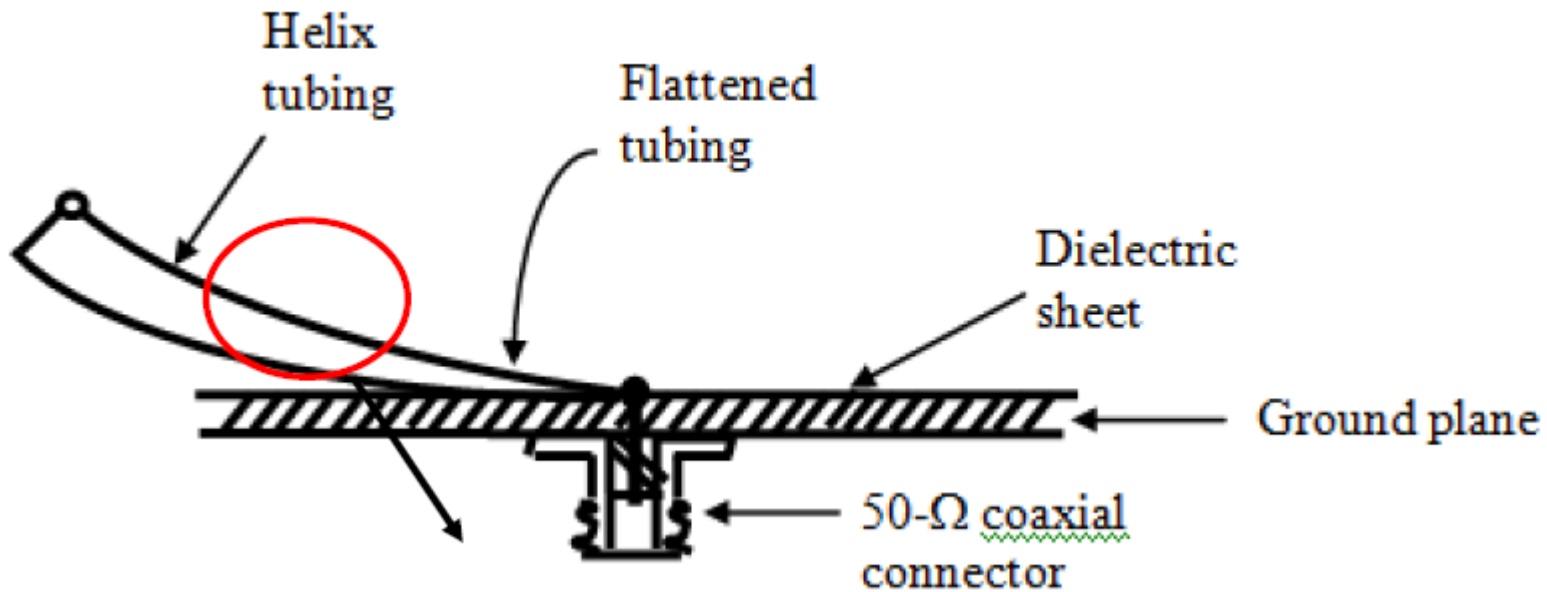
Restricții:

$$0.8 \leq C_{\lambda} \leq 1.2$$

$$n \geq 4$$

$$12^{\circ} \leq \alpha \leq 14^{\circ}$$

Pentru adaptarea impedanței de intrare

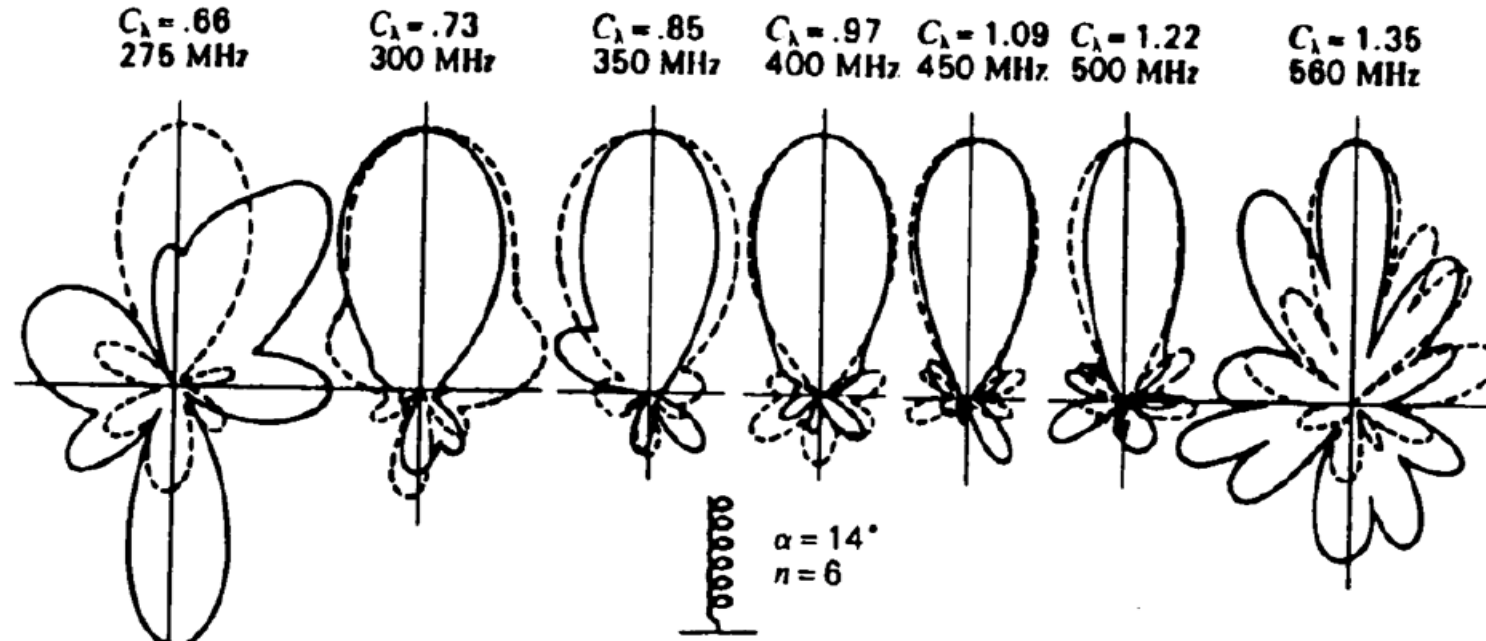


De aici se calculează w știind că h este grosimea dielectricului, permitivitatea dielectrică ϵ_r și tot a dielectricului, Z_0 este 50 ohmi

- Se recomandă deoarece așa se poate trece de la 150 ohmi la 50 ohmi cu un microstrip

$$h = \frac{w}{[377 / (\sqrt{\epsilon_r} Z_0)] - 2}$$

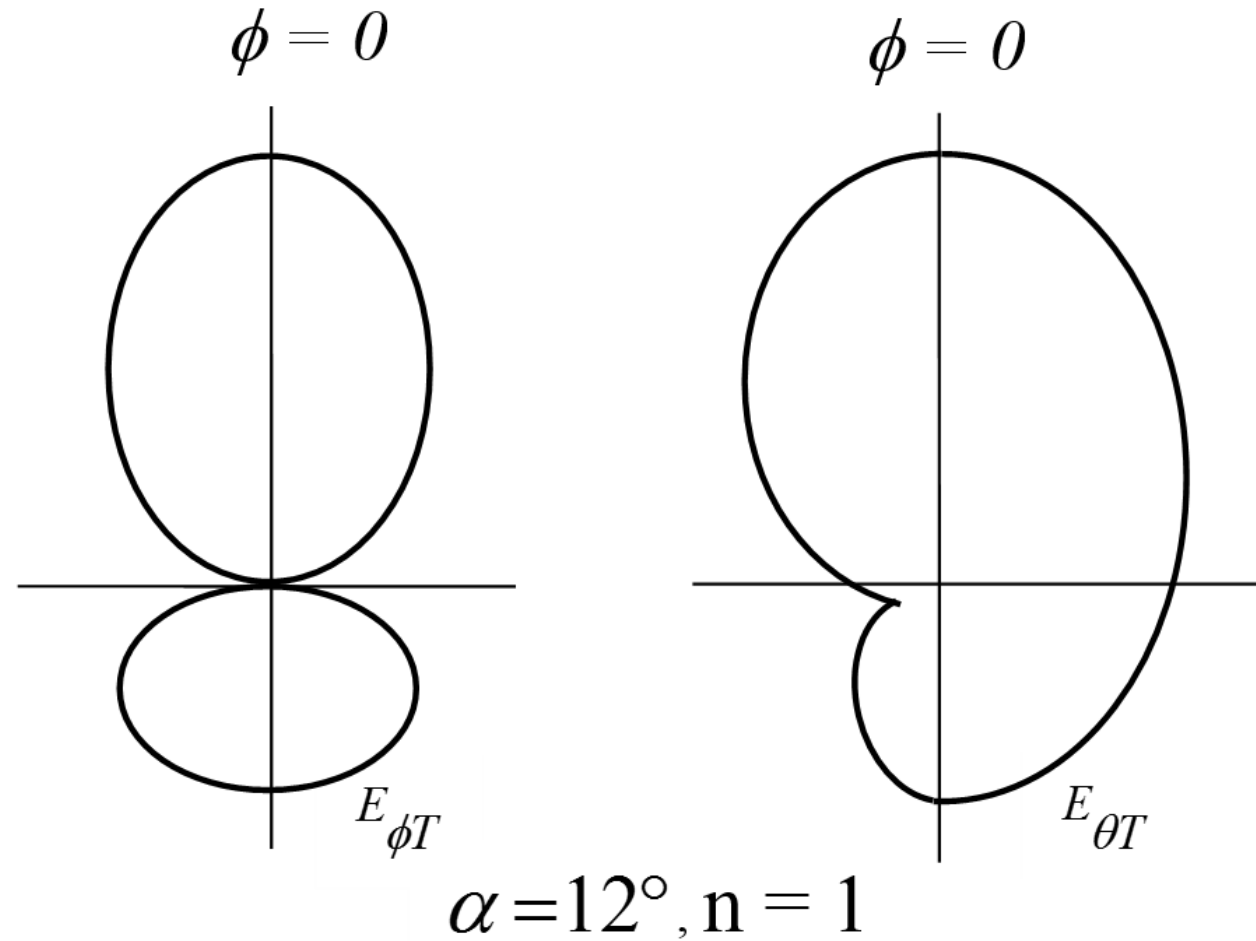
Radiația a antenei elicoidale de mod axial



(—) Horizontally polarized field component and
(- - -) Vertically polarized.

Știm că dacă numărul de elemente (rotații) crește va crește și câștigul, deci lățimea de bandă va fi redusă

Radiația pentru o antenă elicoidală cu o singură înfășurare



Câștigul unei antene elicoidale de mod axial

$$\text{HPBW} \cong \frac{52}{C_\lambda \sqrt{n S_\lambda}} \text{ (deg)}$$

$$\text{BWFN} \cong \frac{115}{C_\lambda \sqrt{n S_\lambda}} \text{ (deg)}$$

$$\text{Directivity} = 32,400 / \text{HPBW}^2$$

$$\text{Directivity} = 12 C_\lambda^2 n S_\lambda$$

$$\text{Gain} = \eta \times \text{Directivity}, \quad \eta \approx 60\%$$

Proiectarea unei antene elicoidale de mod axial

- Dorim să obținem o directivitate 24 dB care în valori numerice se poate defini ca valoarea 251,19
- Pentru o antenă elicoidală de mod axial se consideră că se cunoaște

$$C_\lambda = 1,05 \text{ (0,8 la 1,2)}$$

$$\alpha = 12,5^\circ \text{ (12^\circ la 14^\circ)}$$

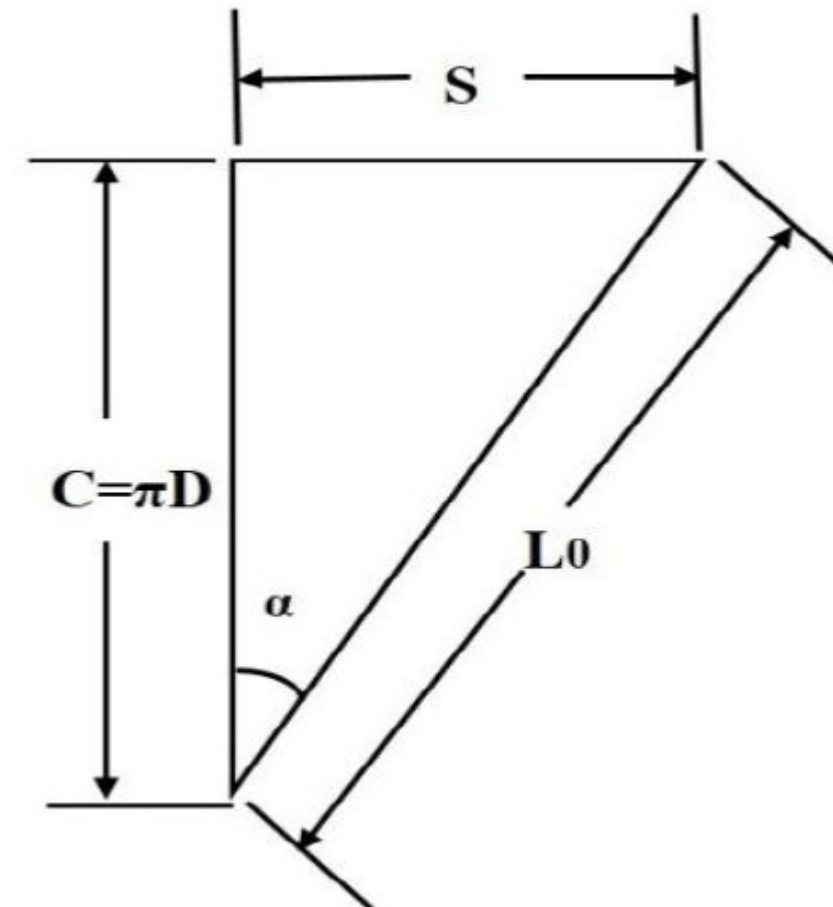
- Se va calcula

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{S}{C}\right) \rightarrow S_\lambda = C_\lambda \tan(\alpha) = 0,2366$$

$$\text{Directivitate} = 12C_\lambda^2 n S_\lambda$$

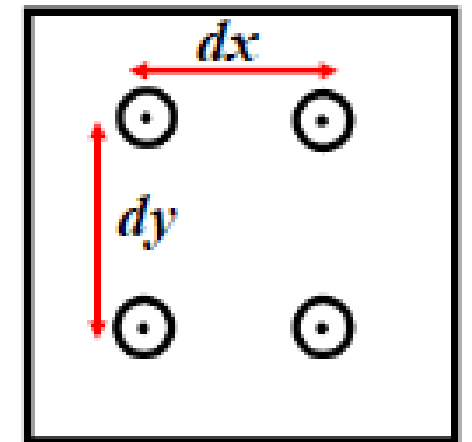
$$n = \frac{251,19}{12(0,2366)(1,05)^2} = 80$$

$$D = 10^{\frac{D_{dB}}{10}} \quad D = 10^{\frac{24}{10}} = 10^{2.4}$$



Matrice de 2x2 de antene elicoidale

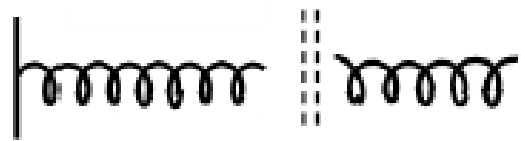
- În loc să folosim o singură antenă elicoidală cu 80 de rotații, se pot folosi 4 antene elicoidale de 20 de rotații
- Directivitatea fiecărei antene cu 20 de rotații este $=251,19/4=62,8$
- Deschiderea efectivă $=D_0 \frac{\lambda^2}{4\pi} \approx 5 \lambda^2$
- Se consideră o deschidere pătrată
- Lungimea laterală are valoarea $dx=dy= \sqrt{5}\lambda = 2,236\lambda$
- Fiecare helix este plasat în centrul deschiderii lui



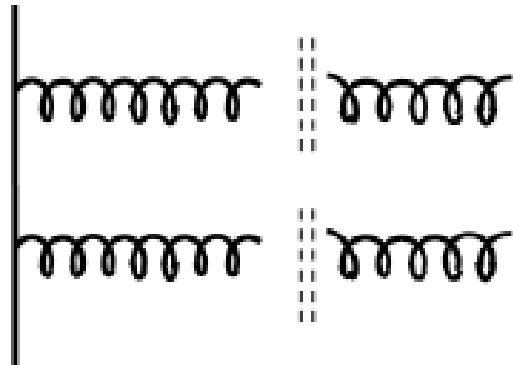
2x2 Array

Antene elicoidale și matrici de astfel de antene

Vedere laterală

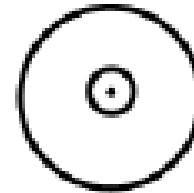


$n = 80$

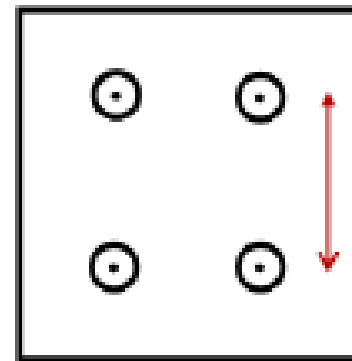


$n = 20$

Vedere din față



1 Helix

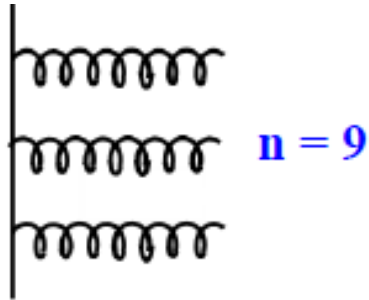


2.236λ

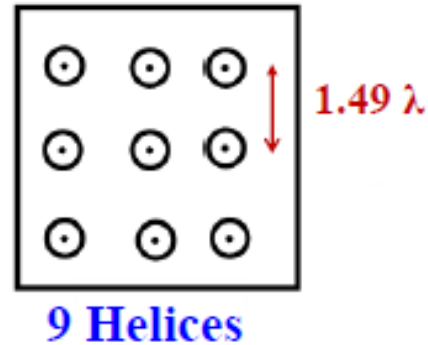
4 Helices

Matrici de antene elicoidale

Vedere laterală



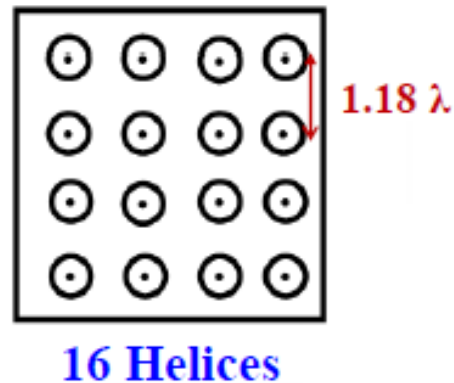
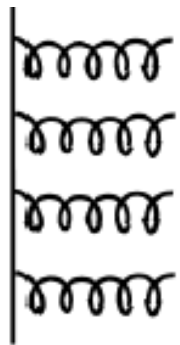
Vedere din față



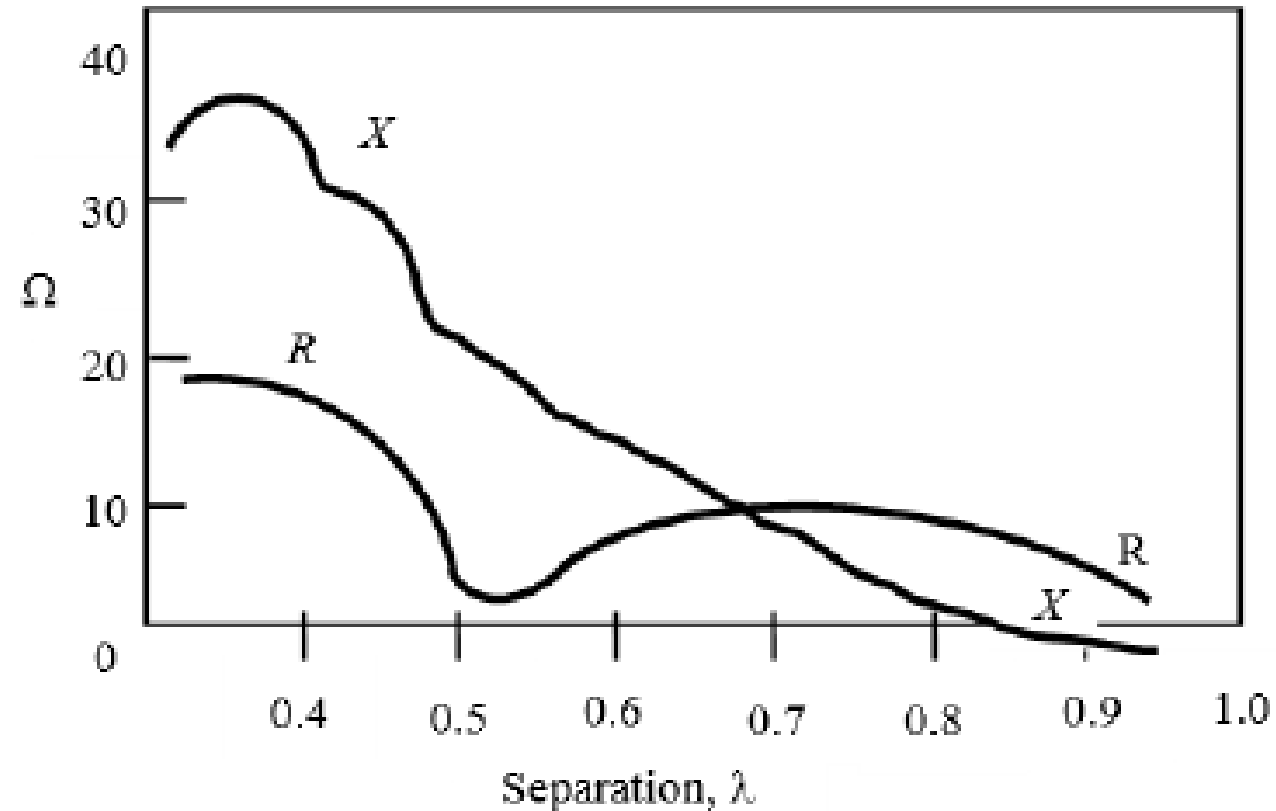
- Aici vom avea 9 antene helix de câte 9 rotații, deci directivitate de aprox 81 dB

- Dacă s-a redus nr de rotații se reduce și directivitatea fiecărei antene, deci și deschiderea s-a redus, deci și spațiul dintre 2 centre e redus

$n = 5$

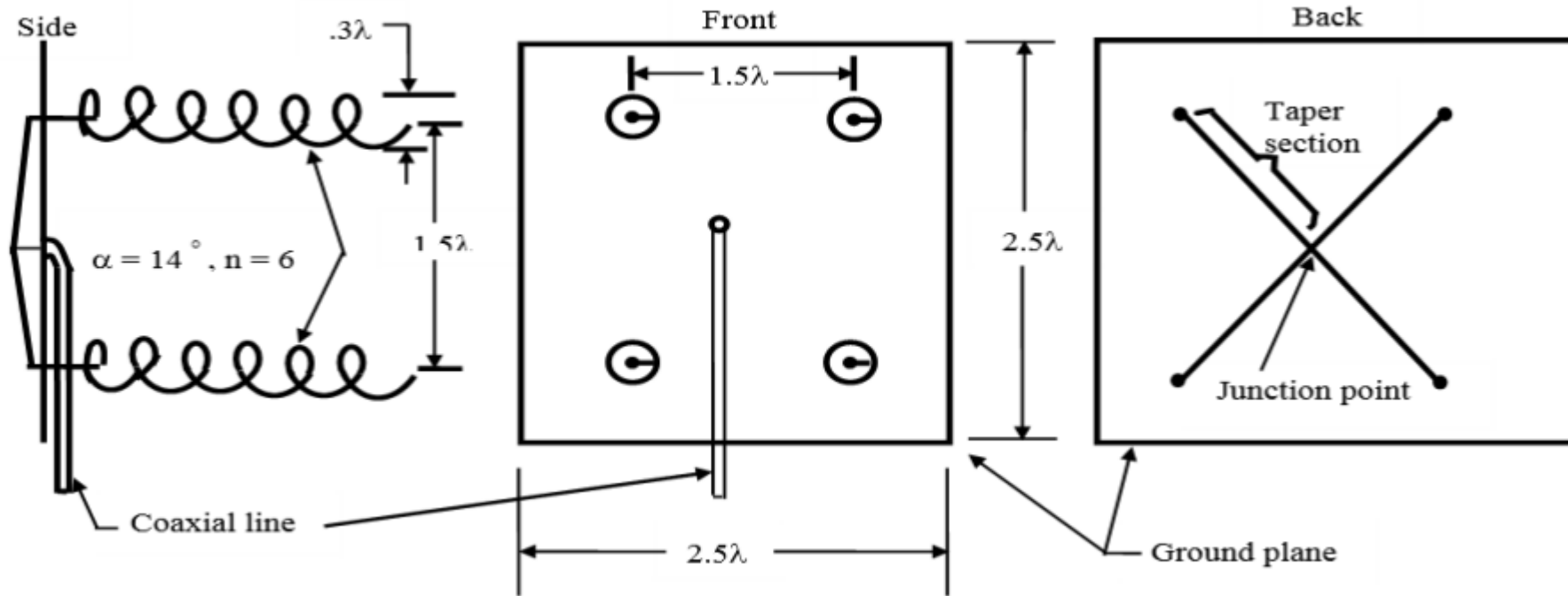


Impedanța mutuală dintr matricile de antene elicoidale



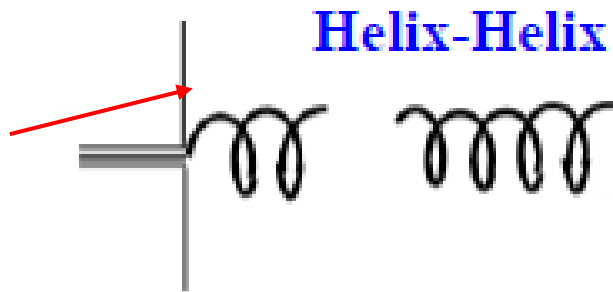
- Componentele rezistive (R) și reactive (X) ale impedanței mutuale pentru o pereche de antene elicoidale cu 8 rotații și unghi de 12°

Matrice de 2x2 de antene elicoidale care au frecventa de operare de 800 MHz

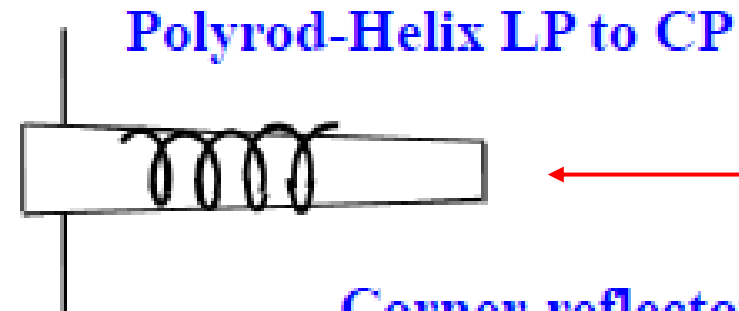


Helix ca un element parazit și avantaje

Crește câștigul



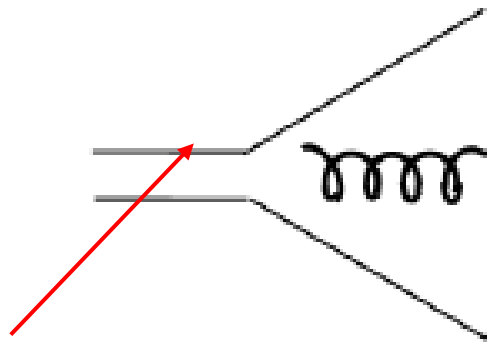
Helix-Helix



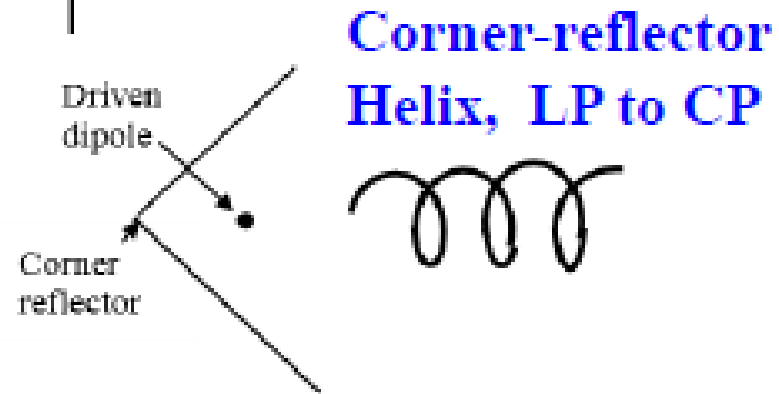
Polyrod-Helix LP to CP

Poate fi convertită polarizația liniară în polarizație circulară

Poate fi convertită polarizația liniară în polarizație circulară

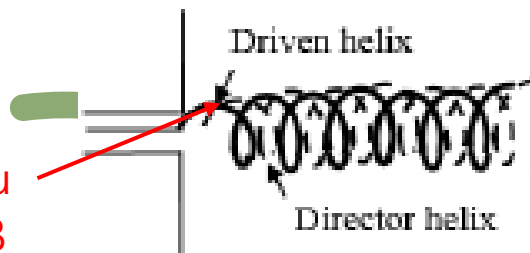


Horn-Helix LP to CP

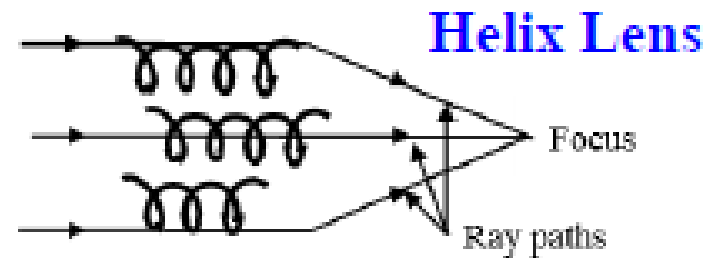


Corner-reflector Helix, LP to CP

Crește câștigul cu 1 sau 2 dB



Helix-Helix More Gain



Helix Lens

Antena elicoidală de mod normal

- Dipol mic

$$E_{\theta} = j\eta \frac{kI_0 S e^{-jkr}}{4\pi r} \sin\theta$$

- Buclă(loop) mică

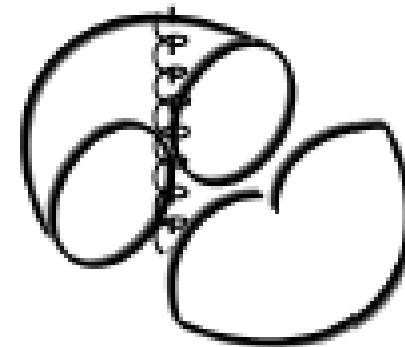
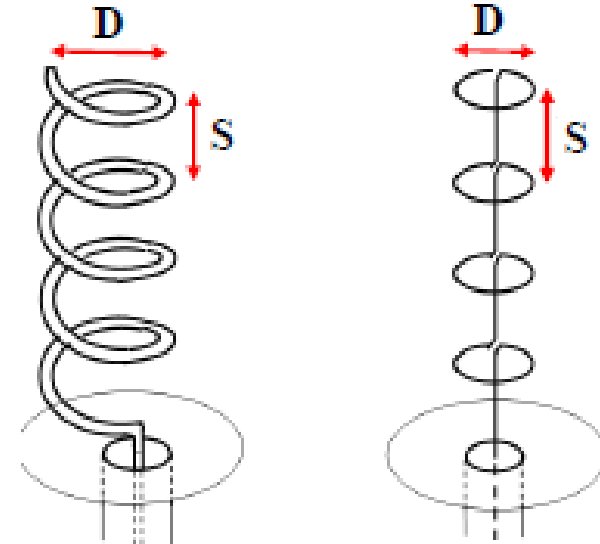
$$E_{\phi} = \eta \frac{k^2 I_0 \left(\frac{D}{2}\right)^2 e^{-jkr}}{4r} \sin\theta$$

- Raportul axial

$$AR = \frac{|E_{\theta}|}{|E_{\phi}|} = \frac{2S\lambda}{C^2} = \frac{2S_{\lambda}}{C_{\lambda}^2}$$

Pentru polarizația circulară, $AR=1$, deci

$$C_{\lambda} = \sqrt{2S_{\lambda}}$$



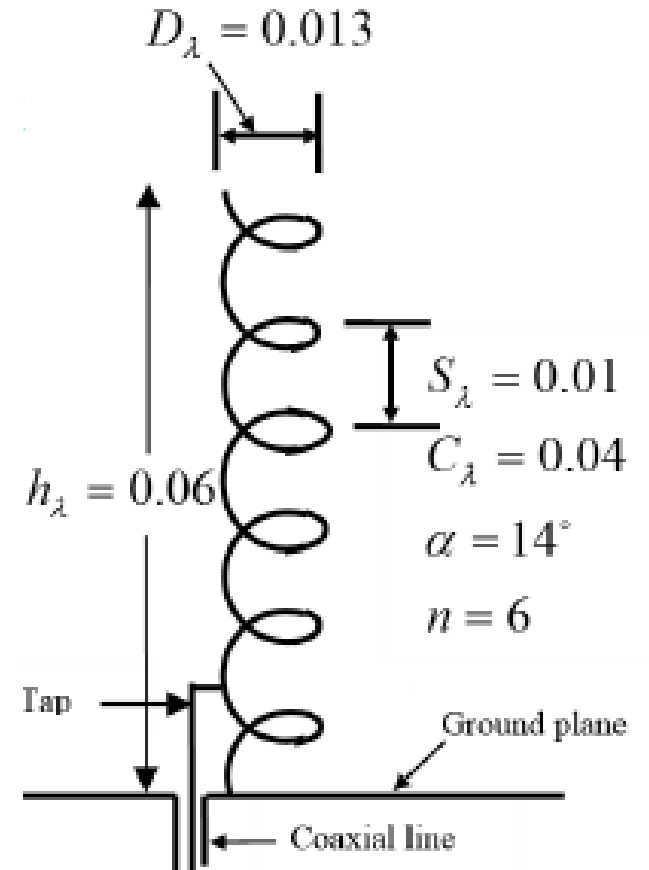
Proiectarea unei antene elicoidale de mod normal

- Pentru un plan de pământare infinit:
 - Lungimea firului $\geq \frac{\lambda}{4}$
- Rezistența de radiație

$$R_s = \frac{1}{2}(790) \left(\frac{I_{av}}{I_0} \right)^2 h_\lambda^2 \Rightarrow R_s = 0.6 \Omega$$

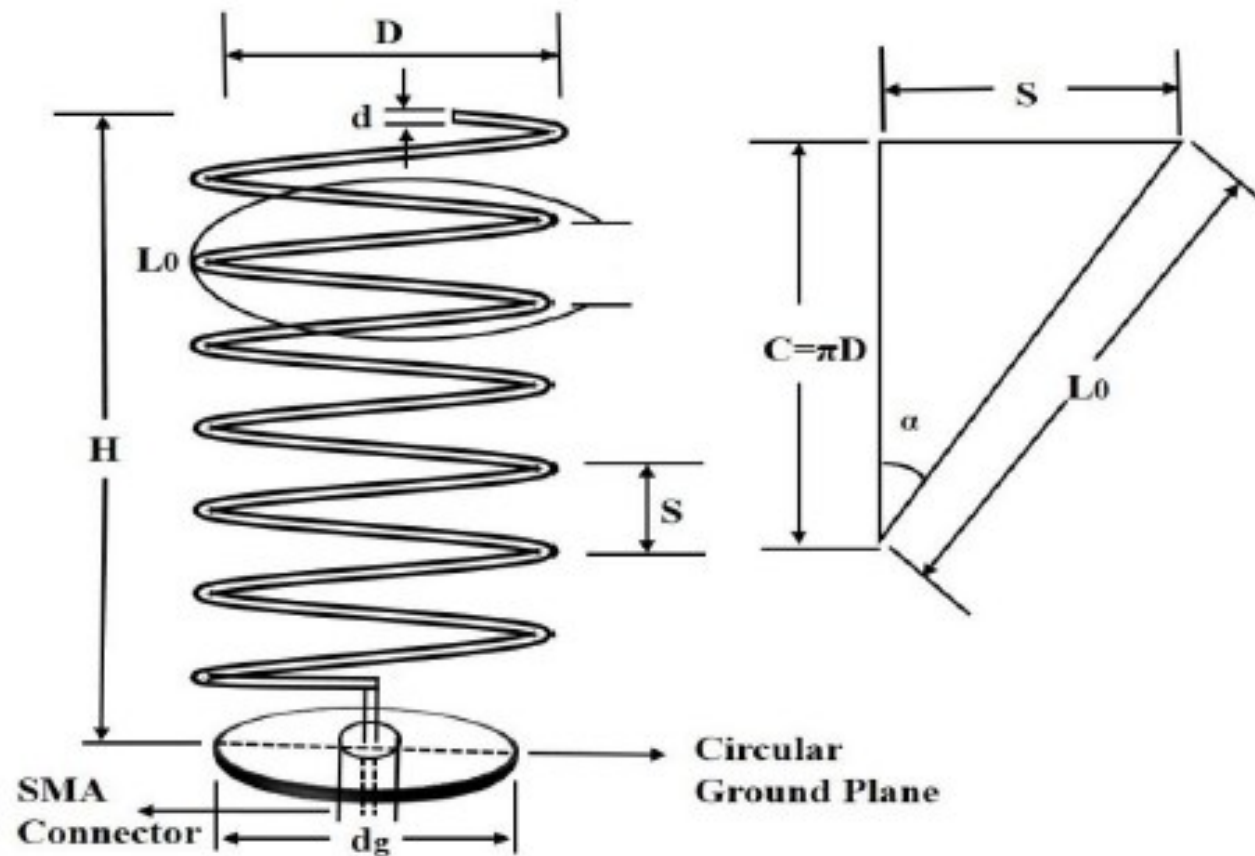
- Raportul axial(AR)

$$\begin{aligned} AR &= 2 S_\lambda / C_\lambda^2 \\ &= 2 \times 0.01 / 0.04^2 \\ &= 12.5 = 21.94 \text{ dB} \end{aligned}$$

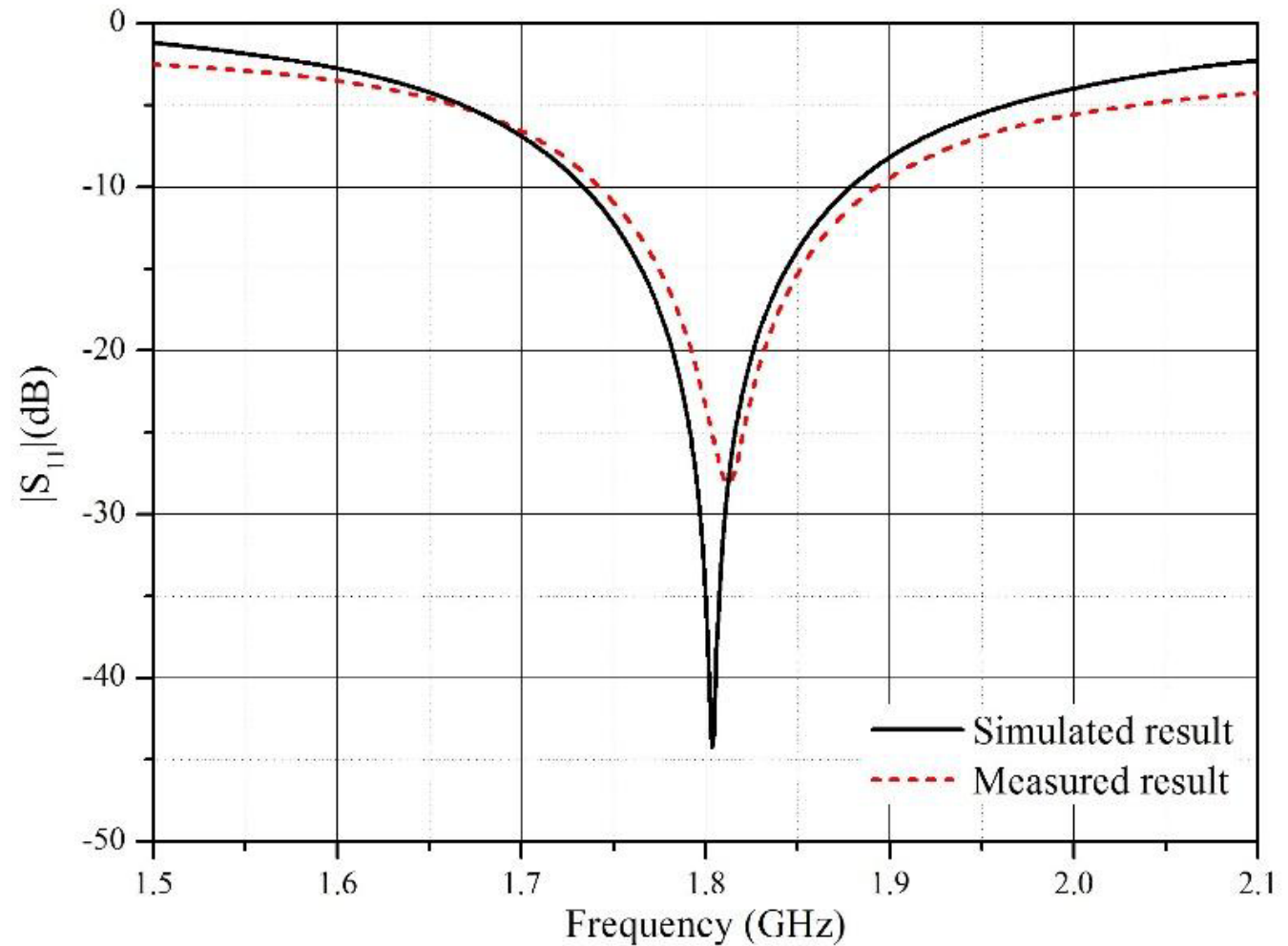


Alimentarea nu este directă deoarece dacă ar fi fost, impedanța de intrare ar fi fost mult prea mică

Antena elicoidală de mod normal (NMHA) pe un plan de pământare mic circular



Antenă fabricată cu un plan de pământare mic și rezultatele obținute






<https://www.youtube.com/watch?v=pwBL-cWtgIU>

<https://www.youtube.com/watch?v=IAIa0dKOwB8>





<http://www.infocobuild.com/education/audio-video-courses/electronics/Antennas-IIT-Bombay/lecture-40.html>

Reference: JD Kraus, Antennas, Tata-McGraw Hill, 1988

