

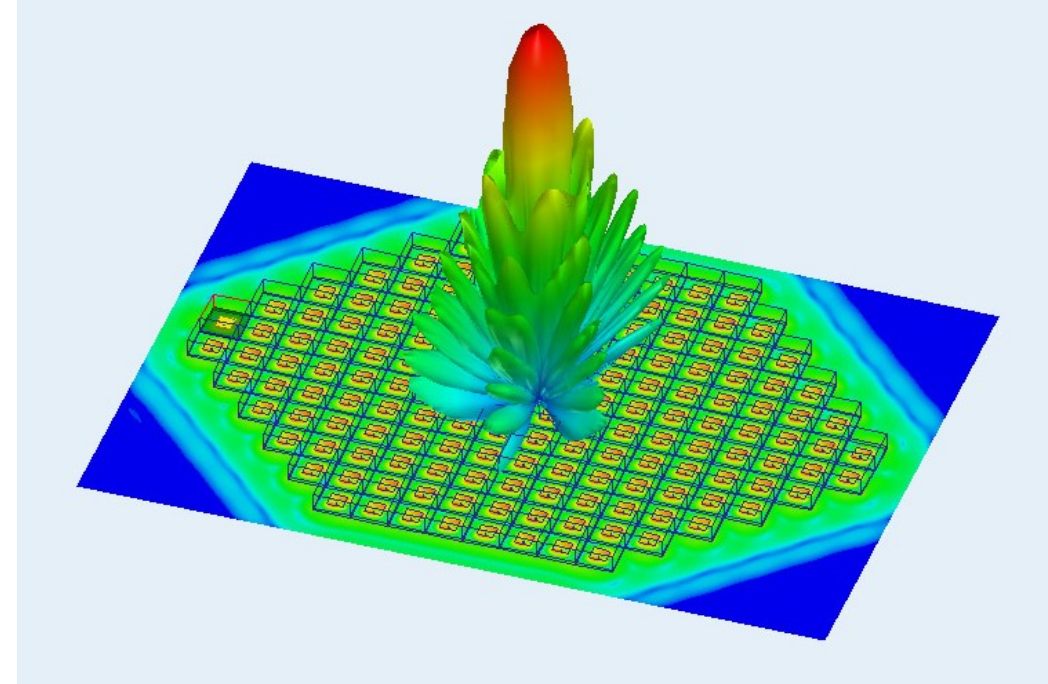
— —  
●  
□

# Caracteristicile principale ale programului de modelare numerică HFSS



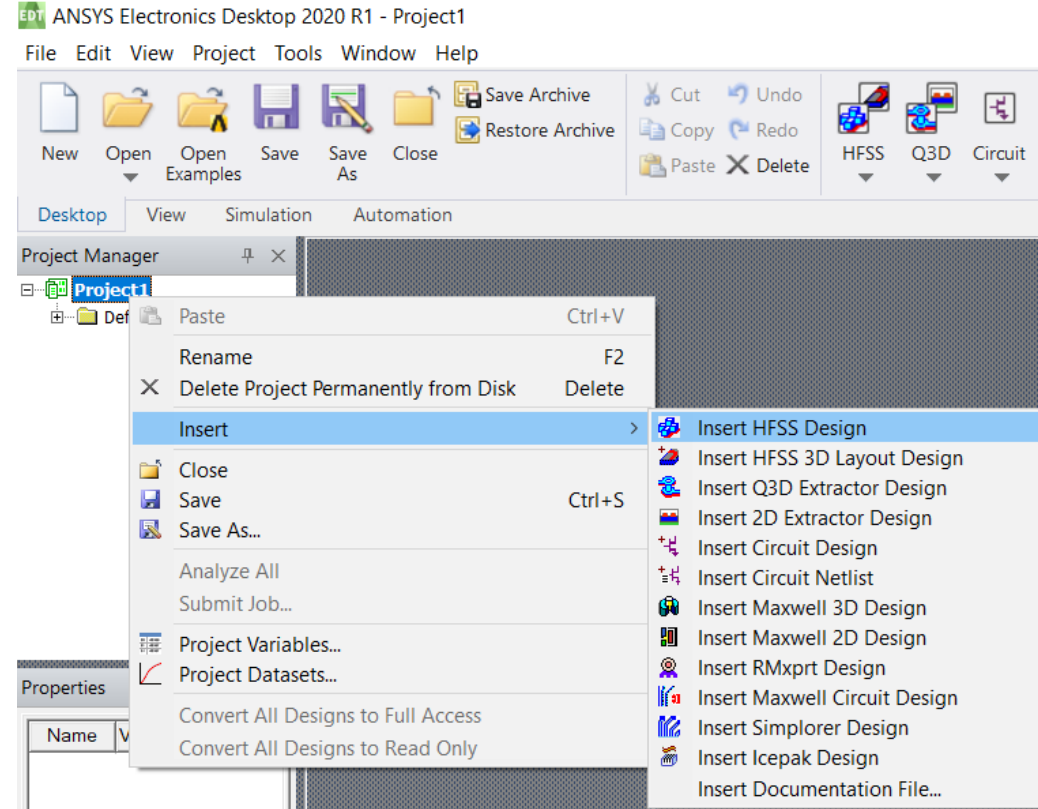
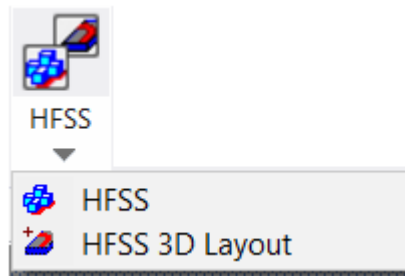
# Ce este HFSS?

- Software-ul Ansys HFSS este standardul industrial pentru simularea câmpurilor electromagnetice 3-D.
- **Precizia, soluțiile avansate și tehnologiile de calcul de înaltă performanță** îl fac un instrument esențial pentru inginerii care doresc să ajungă la un design precis și rapid al dispozitivelor și platformelor electronice de înaltă frecvență și viteză mare.
- HFSS oferă tehnologii de soluție de ultimă oră bazate pe metoda elementului finit, ecuații integrale, metode asimptotice și hibride avansate pentru a rezolva o gamă largă de aplicații digitale cu microunde și RF de mare viteză.
- HFSS este un sistem interactiv de simulare al cărui element de mesh este un tetraedru. Acest lucru permite utilizatorului să rezolve orice geometrie 3D, în special acelea cu curbe și forme complexe, într-un timp mult mai scurt decât cel necesar altor tehnici de soluționare.
- HFSS-High Frequency Structure Simulator.



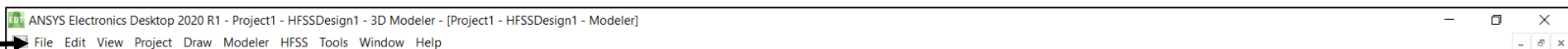
# Cum se accesează ?

- HFSS face parte din suita de programe a ANSYS și în ultima versiune pentru a ajunge la interfața unde se creează designul se va da dublu click pe icoana:
- Se va alege să se modeleze un proiect HFSS

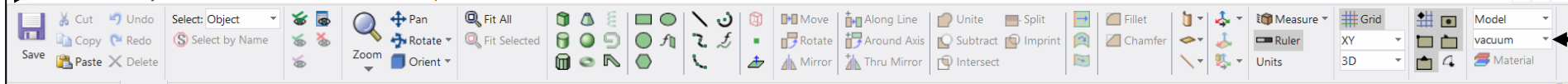


# Fereastra de lucru

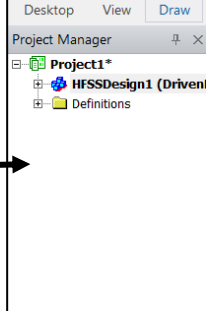
Bară de  
meniu



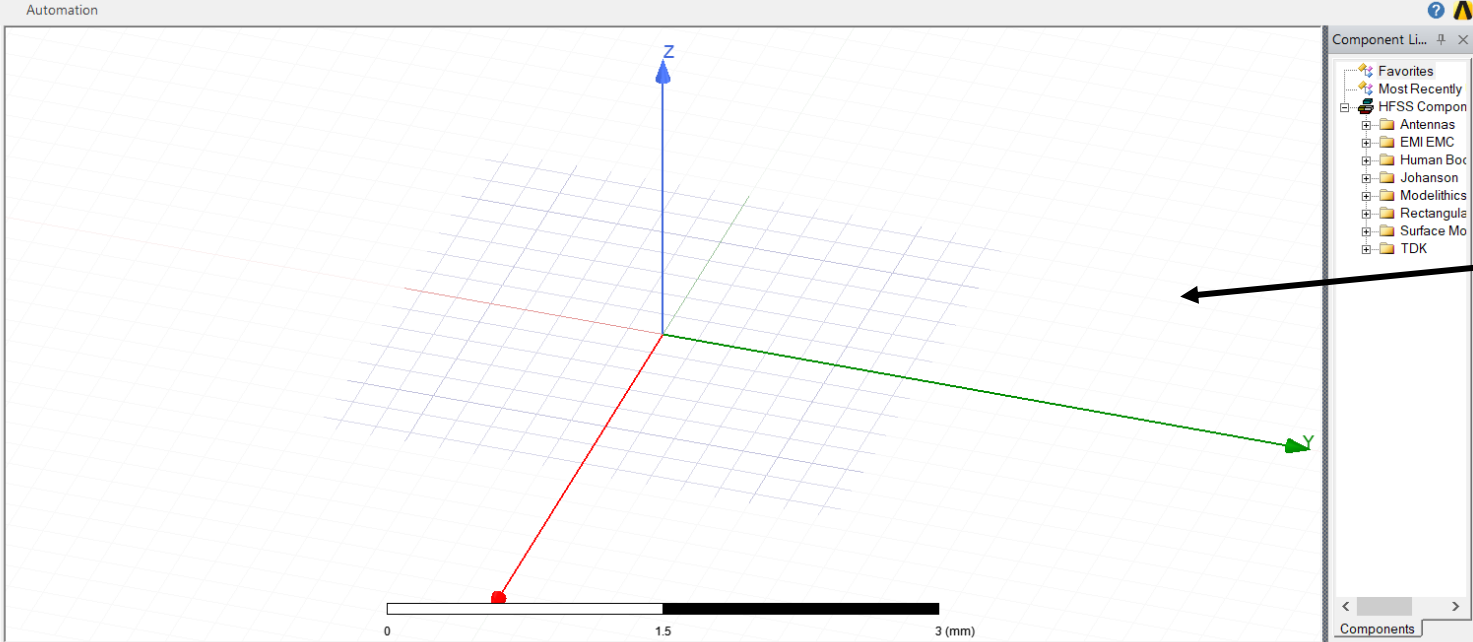
Bară de  
instrumente



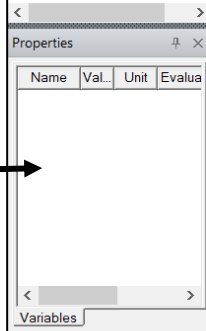
Manager de  
proiect cu  
arbore de  
proiect



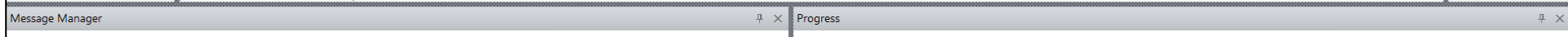
Fereastra de  
modelare 3D



Fereastra de  
proprietăți



Fereaștră de  
progres

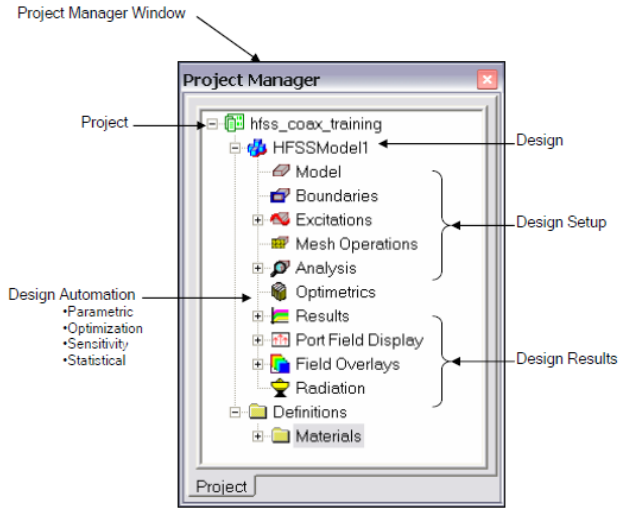


Manager  
de mesaje

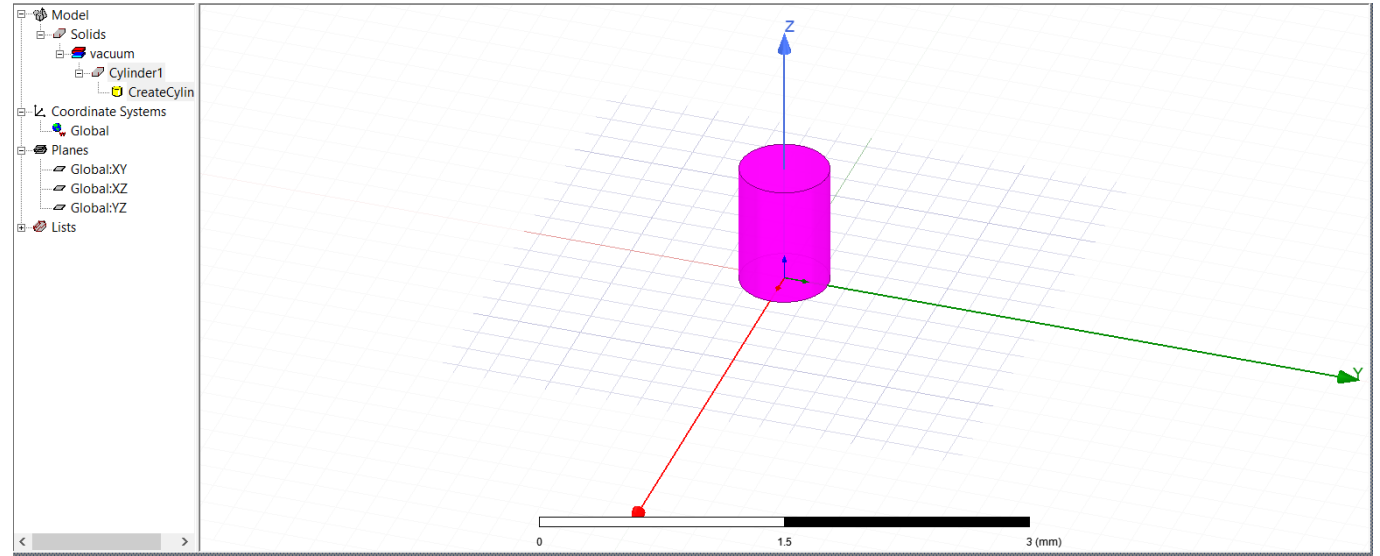


# Fereastra de lucru

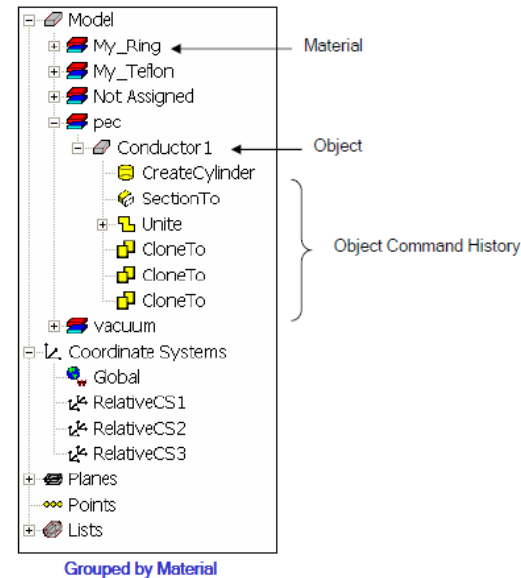
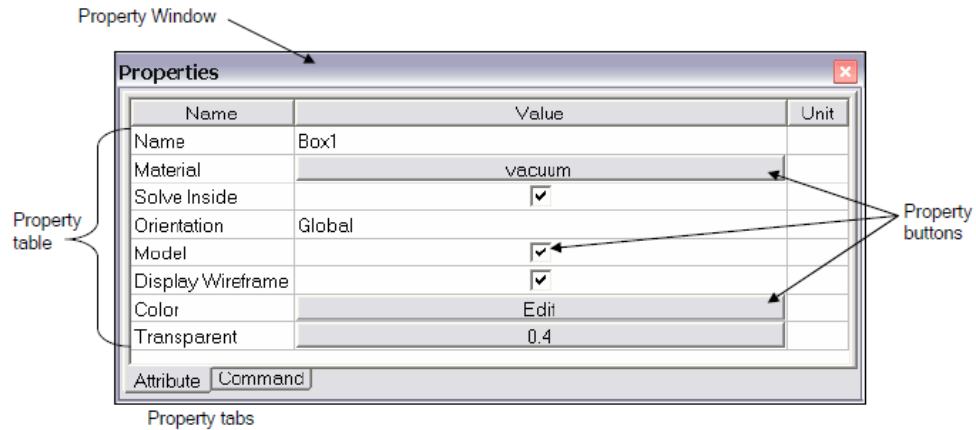
## Project manager



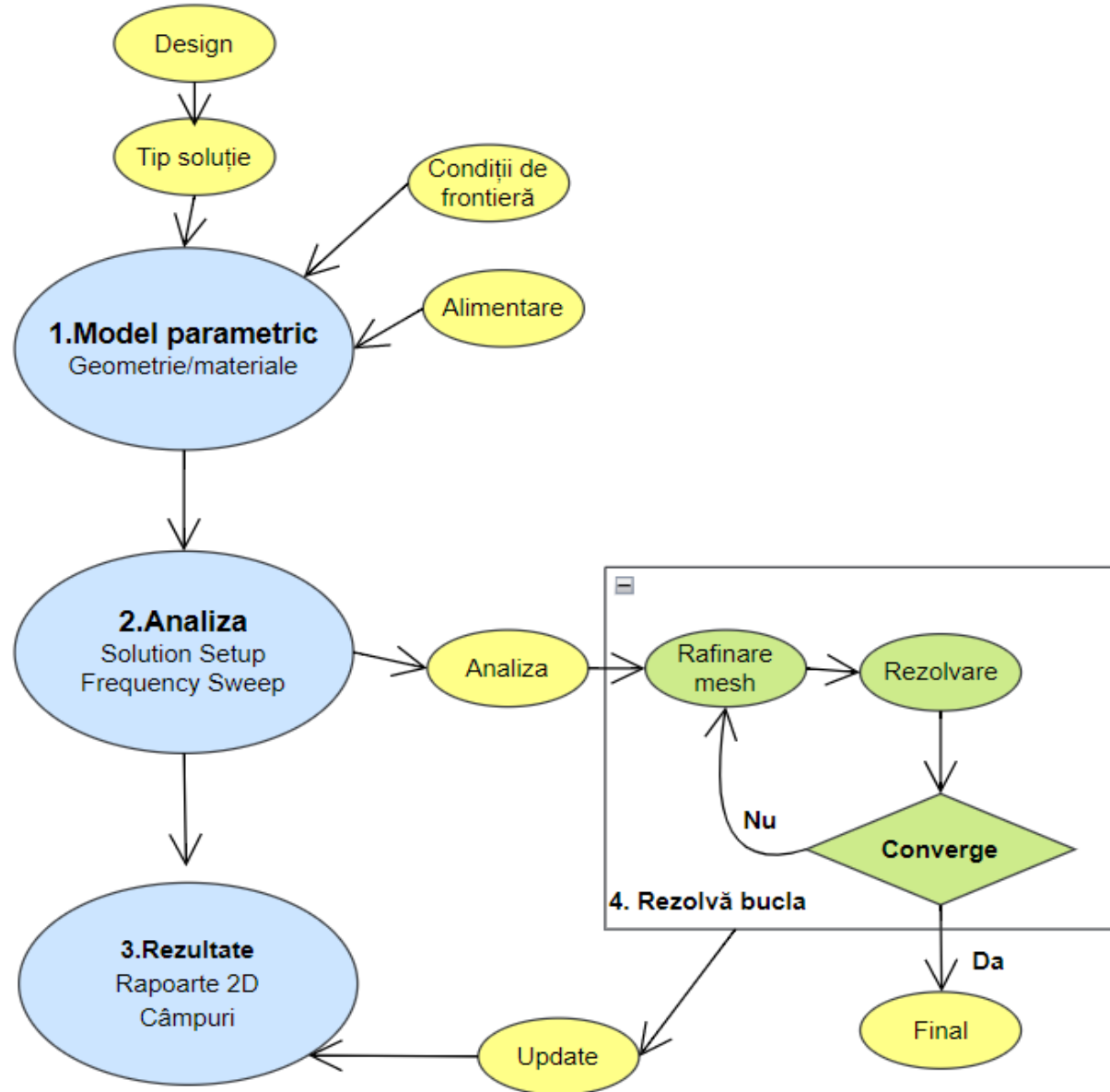
## 3D modeler



## Property window

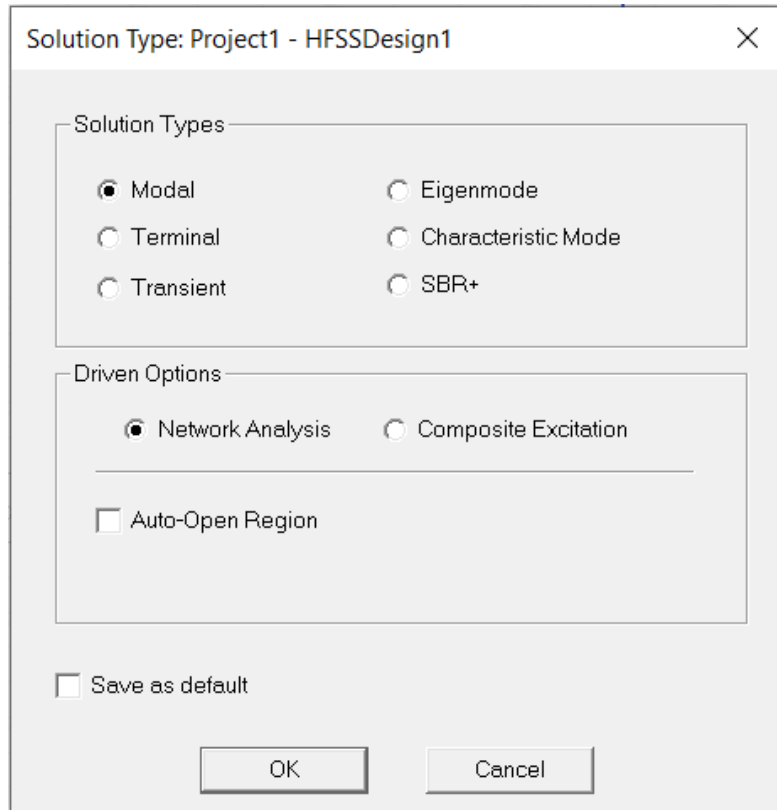


# Modul de funcționare



# Tipuri de soluții

Tipul soluției (Solution Type) definește tipul de rezultate, cum este definită alimentarea, și convergența.



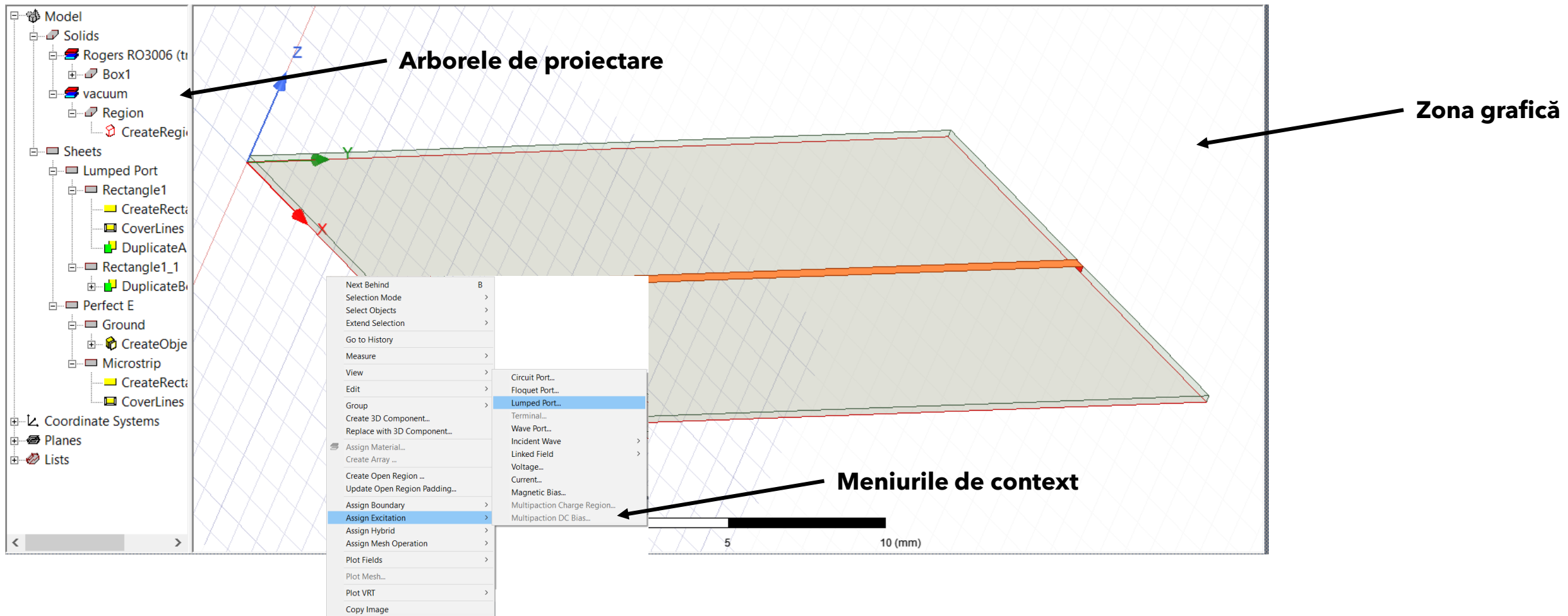
- **Driven Modal** – calculează parametrii S bazați pe moduri. Matricea parametrilor S va fi exprimată pe baza puterilor incidente și reflectate a modurilor ghidurilor de undă. Se folosește pentru proiecte de RF/microunde
- **Driven Terminal** – calculează parametrii S bazați pe terminații (porturi) a unei linii de transmisie multiconductor. Matricea S va fi exprimată bazându-se pe curenți și tensiuni. Folosită cu precădere pentru linii de transmisie multiconductor
- **Eigenmode** – calculează eigenmod-urile, sau rezonanțele unei structuri. Acest tip de soluție odată ales găsește frecvențele de rezonanță a unei structuri și câmpurile la frecvențe de rezonanță.
- **Transient** – are 2 solve  
  - Unul hibrid cu pas de timp local care merge la structuri mari
  - Unul cu pas stabil de timp necondiționat care merge la structuri mai mici
- **Characteristic Mode**- calculul numeric a unei set de moduri de curent ortogonale care sunt suportate de o suprafață conductoare (similare modurilor ghidurilor de undă)
- **SBR+** - abrevierea vine de la Shooting and Bouncing Rays și este utilizat pentru scenarii foarte mari electrice

# Condiții de frontieră

- Condițiile de frontieră permit controlul asupra caracteristicilor planelor, fețelor, sau a interfețelor dintre obiecte. Este important să înțelegem condițiile de frontieră pentru a soluționa ecuațiile lui Maxwell.
- Utilizarea necorespunzătoare a condițiilor de frontieră poate duce la inconsecvență a rezultatelor.
- Când sunt utilizate corespunzător, condițiile limită pot fi utilizate cu succes pentru a reduce complexitatea modelului. De fapt, Ansoft HFSS utilizează în mod automat condiții pentru a reduce complexitatea modelului.
- Spre deosebire de lumea reală care este delimitată de spațiu infinit, lumea prototipurilor virtuale trebuie să fie făcută finit. Pentru a realiza acest spațiu finit, Ansys HFSS aplică condiția de frontieră exterioară care se aplică regiunii înconjurând modelul geometric.

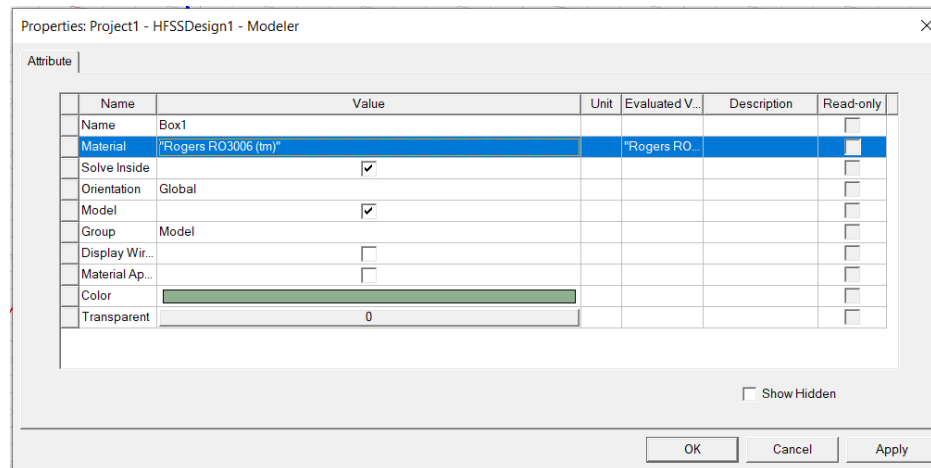
# Crearea modelului parametric

- Ansys HFSS Modeler este creat pentru a putea fi utilizat usor și este flexibil. Puterea modelatorului 3D constă în capacitatea sa unică de a crea modele complet parametrice fără a edita macrocomenzi complexe/istoricul model.



# Crearea modelului parametric

- **Arborele de proiectare** – este o parte esențială a interfeței cu utilizatorul. De aici se pot accesa elementele structurale și atributele acestora
- **Meniurile de context** – sunt un mod flexibil de a accesa comenzi folosite des pentru contextul prezent. Conținutul acestor meniuri se modifică în mod dinamic și se poate accesa prin un click dreapta pe mouse
- **Zona grafică** – este folosită pentru a interacționa cu elementele structurale
- Când se folosește interfața de modelare se va interacționa cu alte 2 interfețe:
  - **Fereastra de proprietăți** – care este folosită pentru a vedea sau modifica atributele sau dimensiunile obiectelor structurale



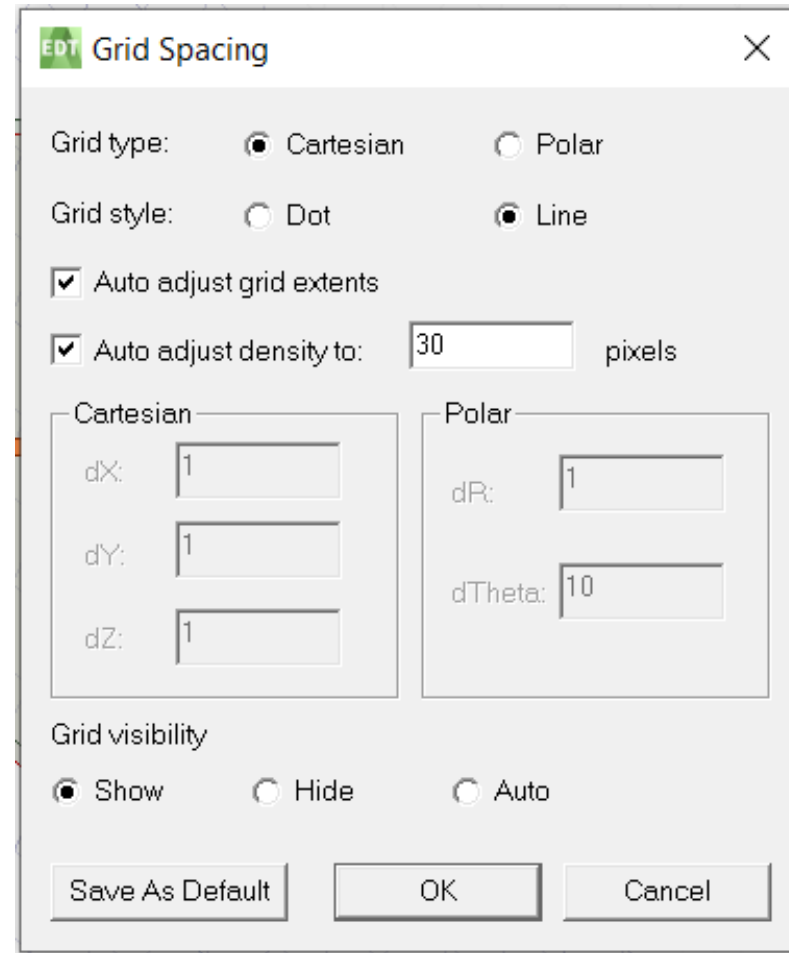
- **Bara de status/ Introducere de coordonate** - care prezintă câmpurile pentru a introduce coordonatele în timpul creării obiectelor structurale

dX: 15 dY: 30 dZ: 0.25 Relativ Cartesia mm

X: 0 Y: 0 Z: 0 Absolut Cartesia mm

# Crearea modelului parametric

- **Grid** – pentru a simplifica crearea unei structuri. Cea mai simplistă modalitate de a seta un punct este să se dea click pe un punct din acest plan. Pentru a seta precizia unui plan grid se va selecta meniul View->Grid Plane

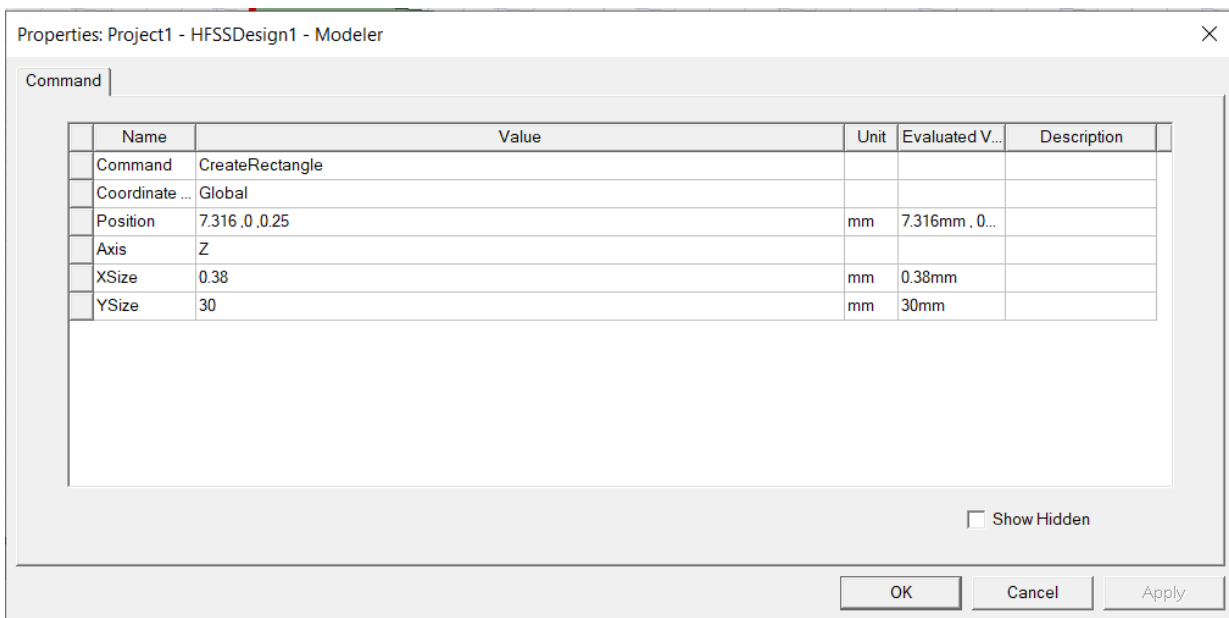


- Pentru a modifica planul pe care se construiește geometria se va accesa Modeler->Grid Plane se alegem între XY, YZ, XZ

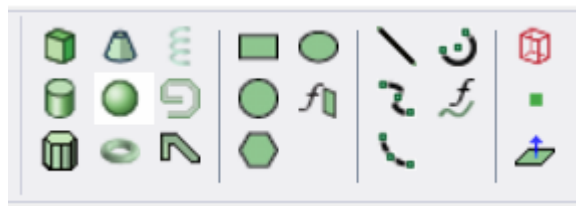
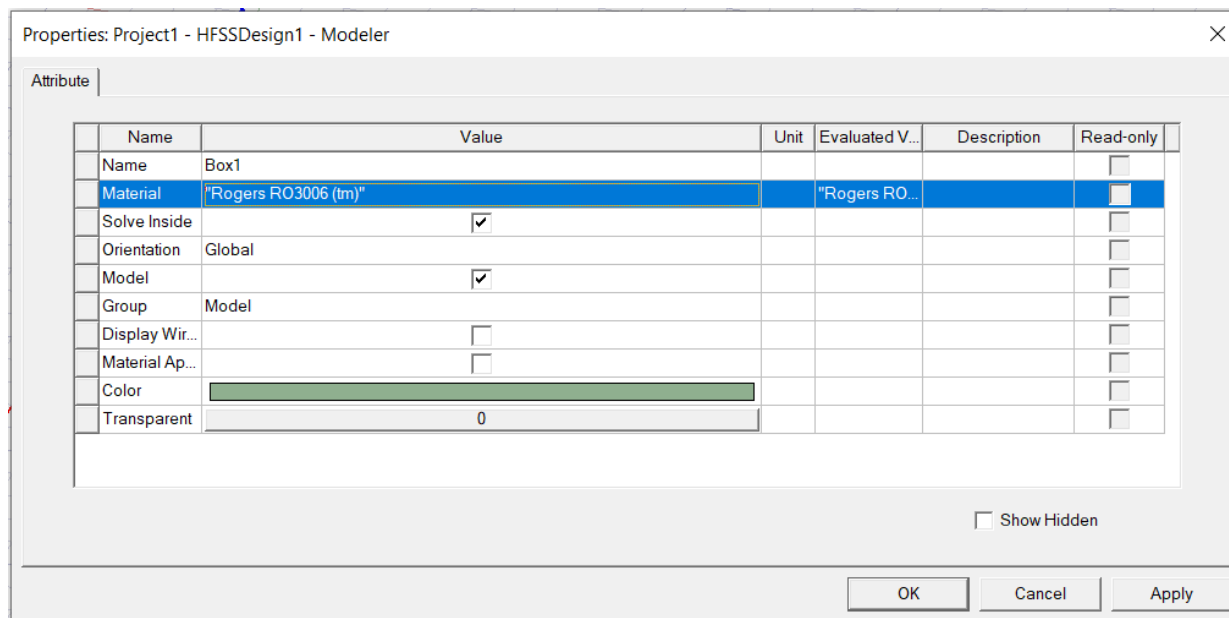
# Crearea modelului parametric

- Chiar dacă introducerea obiectului a fost efectuată, utilizatorul poate oricând verifica poziția și dimensiunea unui obiect prin accesarea **ferestrei de proprietăți**, unde aceste valori pot fi modificate; attributele unei structuri pot fi modificate și ele din **ferestra de attribute**

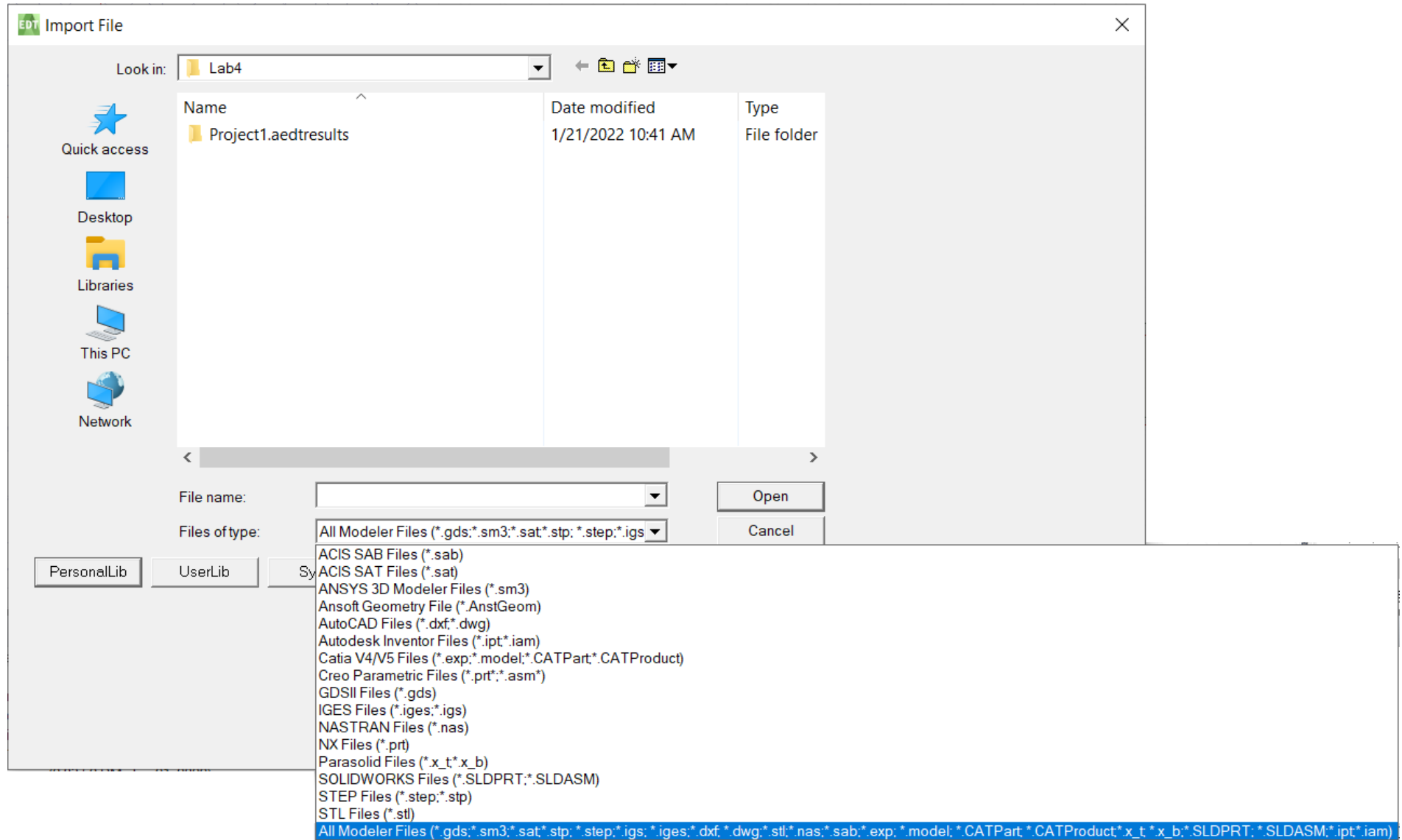
## Fereastra de proprietăți



## Fereastra de attribute



# Importarea proiectelor din alte medii de modelare numerică



# Condiții de frontieră

- Sunt 3 tipuri de condiții de frontieră; primele două trebuie definite de către utilizator sau verificate de către acestea pentru a se asigura că sunt definite corect. Cea de a 3-a, condiția de frontieră de material, este transparentă utilizatorului :
  - Alimentări:
    - Porturi de undă (Wave ports)
    - Lumped ports
  - Aproximări de suprafață
    - Planuri de simetrie
    - Suprafețe perfecte electrice și magnetice
    - Suprafețe de radiație
    - Suprafețe exterioare sau de fundal
  - Proprietăți de material
    - Condițiile de frontieră dintre 2 dielectrics
    - Conductivitatea finită a unui conductor

# Condiții de frontieră

- Fundalul este regiunea care înconjoară modelul geometric și umple orice spațiu care nu este ocupat de un obiect. Orice suprafață a obiectului care atinge fundalul este definită automat ca fiind o graniță E perfectă și i se dă denumirea *outer*. Vă puteți gândi la o structura ca fiind învelită cu un conductor subțire, perfect.
- Dacă este necesar, se pot schimba proprietățile fundalului în proprietăți diferite de *outer* cu:
  - Pentru a modela pierderi într-o suprafață, se poate redefini suprafața ca având fie
    - o condiție de frontieră de tip **Conductivitate Finită (Finite Conductivity)** – o astfel de condiție de frontieră poate fi un metal cu pierderi, cu pierderile definite ca o funcție de frecvență și definită folosind conductivitatea și permeabilitate relativă ca parametrii
    - sau o condiție de frontieră de tip **Impedanță (Impedance)** – acest tip de frontieră are valori reale sau complexe care rămân constante la orice frecvență
- Fundalul poate afecta cum se fac setările de material.

De exemplu: dacă se modelează un ghid de undă plin cu aer, se poate crea un singur obiect de forma acestui ghid de undă pe care îl definim ca aer. Suprafața ghidului de undă este presupus în mod automat a fi un conductor perfect și i se atribuie condiția de frontieră *outer*, sau se poate schimba această condiție în conductor cu pierderi

- Ordinea în care condițiile de frontieră sunt create este importantă. Condițiile create mai târziu au prioritate față de condițiile de frontieră care au fost create anterior. (HFSS > Boundaries > Re-prioritize)

# Condiții de frontieră

Anisotropic Impedance...

Aperture...

Coupled...

Finite Conductivity...

Half Space...

Impedance...

Layered Impedance...

Linked Impedance...

Lumped RLC...

Perfect E...

Perfect H...

Radiation...

Symmetry...

Fresnel (SBR+)

PML Setup Wizard...

**Perfect E** – Perfect E este un conductor perfect electric, la care facem de asemenea referire ca a fi conductorul perfect. Acest tip de condiție de frontieră forțează câmpul electric (E-Field) să fie perpendicular pe suprafață. Sunt de asemenea 2 atribuiri automate Perfect E și anume:

- Orice suprafață a unui obiect care atinge fundalul (background) este automat definită ca o condiție de frontieră Perfect E și i se dă numele *outer*
- Oricărui obiect căruia i se atribuie materialul pec (Perfect Electric Conductor) este automat definit având suprafața cu o condiție de frontieră Perfect E și i se dă numele *metal*.

**Perfect H** – este un conductor magnetic perfect. Acest tip de condiție de frontieră determină poziționarea câmpului electric E ca fiind tangențial la suprafață.

- Natural – pentru o condiție de frontieră Perfect H care se suprapune cu o condiție de frontieră Perfect E, aceasta readuce zona selectată la materialul original, ștergând condiția de frontieră Perfect E. Nu afectează nici o atribuire de material. Poate fi folosit, de exemplu, pentru a modela o decupare într-un plan de masă pentru o alimentare coaxială.

# Condiții de frontieră

**Finite conductivity** – permite definirea unei suprafețe a unui obiect ca un conductor cu pierderi (imperfect). Este o condiție de frontieră imperfect E, și este analoagă cu definirea unui metal cu pierderi. Pentru a modela a unei suprafețe cu pierderi, se dă o **valoare a pierderii** în Siemens/metru și **permeabilitatea**. Pierderea este calculata ca o funcție de frecvență. Aceasta este validă doar pentru conductoare bune.

**Impedance** – o suprafață rezistivă care calculează comportamentul câmpului și pierderile folosind formule analitice.

**Layered Impedance** – Mai multe straturi subțiri dintr-o structură pot fi modelate ca o impedanță de suprafață.

**Lumped RLC** – o combinație paralelă de rezistență, inductor și/sau suprafață a condensatorului. Simularea este similară cu condiția de frontieră de tip impedanță, dar software-ul calculează folosind valorile R, L, C furnizate de utilizator.

Anisotropic Impedance...

Aperture...

Coupled...

Finite Conductivity...

Half Space...

Impedance...

Layered Impedance...

Linked Impedance...

Lumped RLC...

Perfect E...

Perfect H...

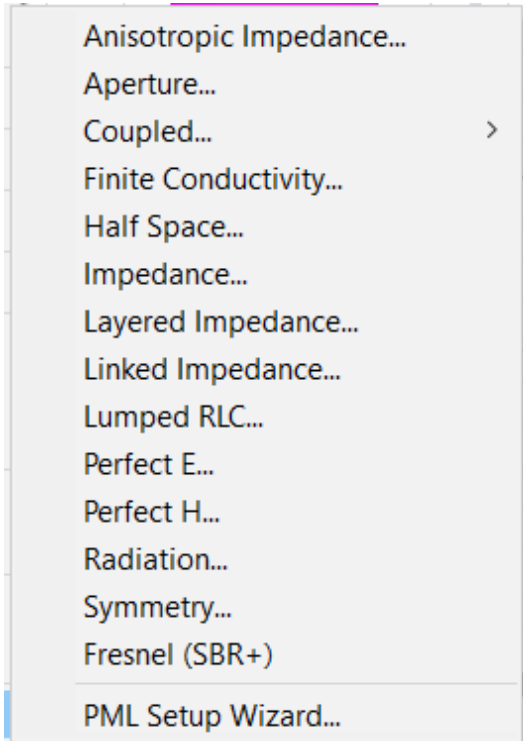
Radiation...

Symmetry...

Fresnel (SBR+)

PML Setup Wizard...

# Condiții de frontieră



**Radiation** – Condițiile de frontieră de tip radiație, la care se face referire și ca și **condiții de frontieră absorbante**, permit modelarea unei suprafețe ca fiind deschisă electric: undele pot radia din structură spre condiția de frontieră de tip radiation. Sistemul absoarbe unda la condiția de radiație, în esență balonând frontiera la infinit departe de structură. Frontiera de tip radiație pot fi plasate relativ aproape de structură și sunt modelate în mod arbitrar. Această condiție elimină necesitatea unei limite sferice. Pentru structurile care includ o astfel de frontieră parametrii S includ efectele pierderii prin radiație. Când o frontieră radiație este inclusă într-o structură, calculele cu privire la câmpul îndepărtat sunt o parte din simulare.

**Symmetry** – reprezintă planurile de simetrie perfect E sau perfect H. Frontiera de tip simetrie permit modelarea unei singure părți a unei structuri, reducând astfel dimensiunea sau complexitatea design-ului, astfel micșorând timpul pentru obținerea unei soluții.

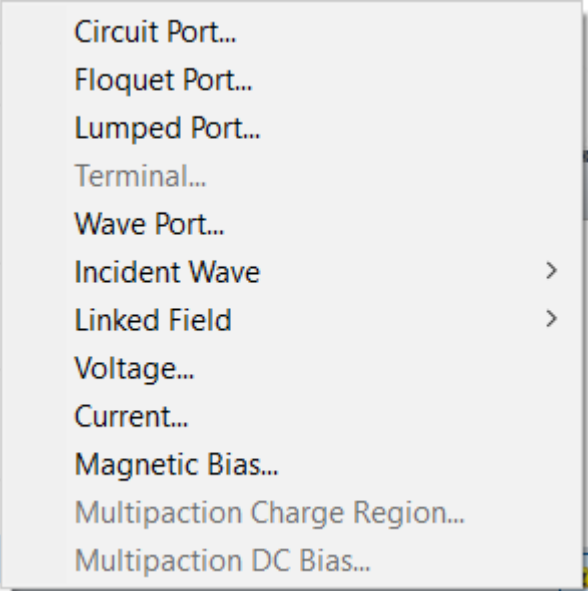
# Tipuri de alimentare

- Porturile sunt un tip unic de condiție de frontieră care permit energiei să treacă în și din structură. Se poate atribui un port la orice obiect 2D sau față a unui obiect 3D. Înainte de calcularea câmpului electromagnetic tridimensional dintr-o structură, este necesară determinarea câmpului la fiecare port.

**Waveport (Port de undă)** – Solverul presupune ca portul de undă este conectat la un ghid de undă lung semiinfiniț care are aceeași secțiune transversală și proprietăți de material ca portul. Fiecare port de acest tip este alimentat individual și fiecare mod incident la un port conține 1 Watt de putere medie în timp. Porturile de undă calculează impedanța caracteristică, constanta de propagare complexă, și parametrii S generalizați și trebuie să atingă condiția de frontieră externă sau să fie susținute de obiecte conductoare

- Latura unui port de undă poate avea una dintre următoarele condiții de frontieră:
  - Perfect E sau Finite Conductivity
  - Symmetry
  - Impedance
  - Radiation

**Lumped ports** – au o impedanță constantă atribuită de către utilizator; au un câmp electric uniform pe suprafață; un singur mod TEM și poate fi intern unui model



Circuit Port...  
Floquet Port...  
Lumped Port...  
Terminal...  
Wave Port...  
Incident Wave >  
Linked Field >  
Voltage...  
Current...  
Magnetic Bias...  
Multipaction Charge Region...  
Multipaction DC Bias...

# Tipuri de alimentare

- **Moduri**- pentru un ghid de undă sau o linie de transmisie cu o secțiune dată, există o serie de modele de propagare a câmpurilor (moduri) care satisfac ecuațiile lui Maxwell la o frecvență specifică. Orice combinație liniară a acestor moduri poate exista în ghidul de undă
  - **Conversia de moduri** - În unele cazuri este necesar să se includă efectele modurilor de ordin superior deoarece structura acționează ca un convertor de mod. De exemplu, dacă modul 1 câmp (dominant) la un port este convertit (pe măsură ce trece printr-o structură) la un model de câmp diferit la modul 2, atunci este necesar să se obțină parametrii S pentru câmpul de mod 2.
  - **Moduri, reflecții și propagare** – este de asemenea posibil ca o soluție generată de un semnal de alimentare pe un mod specific să conțină reflexii a unor moduri de ordin superior care apar datorită unor discontinuități ale structurii de frecvență ridicată. Dacă aceste moduri de ordin superior sunt reflectate înapoi în porturile de alimentare sau în alte porturi, parametrii S asociați acestor moduri ar trebui calculați. Dacă modul de ordin superior scade înainte de a ajunge la orice port — fie pentru că este atenuare din cauza pierderilor sau pentru că este un mod evanescent nepropagator— nu este nevoie să obțineți parametrii S pentru acel mod.
  - **Modurile și frecvența**- Modelele de câmp asociate fiecărui mod variază, în general, cu frecvență. Cu toate acestea, constantele de propagare și impedanțele întotdeauna variază în funcție de frecvență. Prin urmare, atunci când a fost efectuat un baleiaj de frecvență solicitat, se calculează o soluție pentru fiecare punct de frecvență de interes.

# Calibrarea porturilor de undă

- Porturile de undă care se adaugă la structură pot fi calibrate pentru a asigura consistența rezultatelor. Această calibrare este necesară pentru a determina direcția și polaritatea câmpurilor și pentru a face calcule de tensiune
- **Solution type: Driven Modal**
- Pentru simularea Driven Modal, porturile de undă sunt calibrate folosind **Linii de integrare**. Fiecare astfel de linie de integrare este folosită pentru a calcula următoarele caracteristici:
  - Impedanța - Ca linie de impedanță, linia servește drept cale pe care HFSS integrează câmpul E pentru a obține tensiunea la Wave Port. HFSS utilizează tensiunea pentru a calcula impedanța caracteristică la port, care este necesară pentru renormalizarea matricei S generalizată la impedanțe specifice, cum ar fi 50 ohmi.
  - Calibrare – Ca linie de calibrare, linia definește în mod explicit sus sau direcție pozitivă la fiecare Wave Port. În orice Wave Port, direcția câmpului la  $\omega = 0$  poate fi în cel puțin una dintre cele două direcții. La unele porturi, cum ar fi porturile circulare, pot fi mai mult de două direcții posibile și se va dori utilizarea Polarize E-Field. Dacă nu definiți o linie de integrare, parametrii S rezultați pot fi defazați.

Wave Port : General

Name: 1

Number of Modes: 1

Mode	Integration Line	Characteristic Impedance (Zo)
1	None	Zpi

Mode Alignment and Polarity:

- Set mode polarity using integration lines
- Align modes using integration lines
- Align modes analytically using coordinate system

U Axis Line: Undefined  Reverse V Direction

Filter modes for reporter

Use Defaults

< Back Next > Cancel

# Calibrarea porturilor de undă

- **Despre liniile de impedanță** -Matricele S calculate inițial de HFSS sunt matrice generalizate normalizate la impedanțele fiecărui port. Cu toate acestea, este adesea de dorit să se calculeze matrice care sunt normalizate la impedanțe specifice precum 50 ohmi. Pentru a converti o matrice S generalizată în o matricea S renormalizată, HFSS calculează mai întâi impedanța caracteristică la fiecare port. Există mai multe moduri de a calcula impedanța caracteristică ( $Z_{pi}$ ,  $Z_{pv}$ ,  $Z_{vi}$ ).
  - HFSS va calcula întotdeauna  $Z_{pi}$ . Calculul impedanței folosind puterea și curentul sunt bine definite pentru un port Wave. Celelalte două metode—  $Z_{pv}$  și  $Z_{vi}$  — necesită o linie de integrare pentru a determina tensiunea. Prin definire o linie de integrare pentru fiecare mod, tensiunea poate fi calculată.
  - În general, linia de impedanță ar trebui definită între două puncte la care se așteaptă ca diferența de tensiune să fie maximă. Dacă se analizează mai multe moduri, se vor defini linii de integrare separate pentru fiecare mod deoarece orientarea câmpului electric va varia.

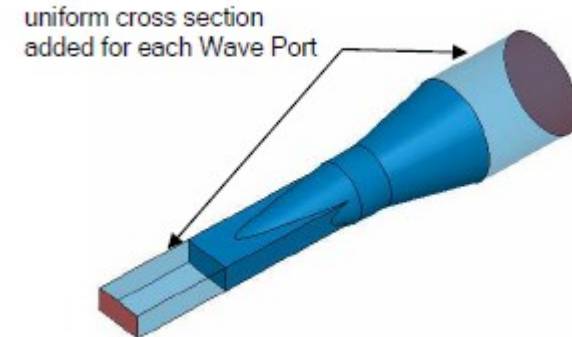
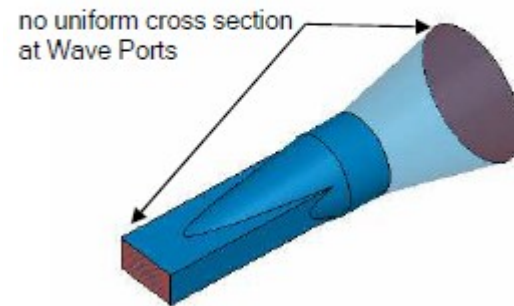
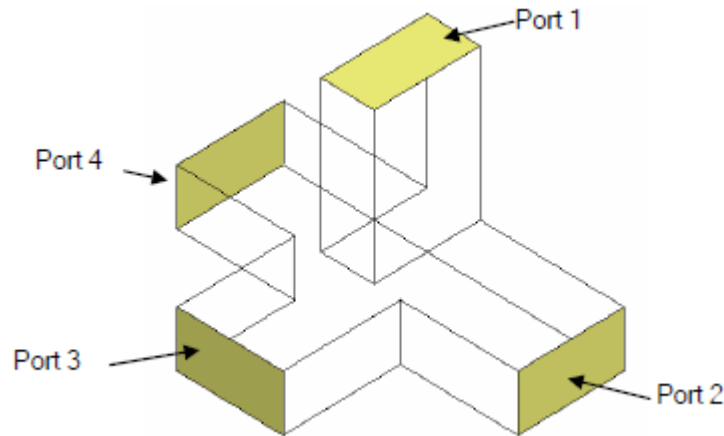
# Calibrarea porturilor de undă

## • Solution type: Driven Terminal

- Matricea S modală obținută de HFSS este exprimată în funcție de puterile incidente și reflectate ale modurilor ghidurilor de undă. Această descriere nu se pretează la probleme în care mai multe moduri electromagnetice cvasitransversale (TEM) pot să se propage simultan. Pentru structuri precum linii de transmisie cuplate sau conectori, care susțin moduri multiple, cvasi-TEM de propagare, este adesea de dorit să se calculeze Parametrii S terminali.
- **Despre Linii terminale** – parametrii S terminali reprezintă combinația liniară a tensiunilor și curenților nodali pentru portul de undă. Pentru tensiunea și curenții nodali, admitanța, impedanța, și pseudo-matricile S pot fi determinate
  - Prin definirea unei linii terminale pentru fiecare conductor dintr-un port, HFSS va converti în mod automat soluția modală în soluția echivalentă terminală
  - O singură linie terminală este creată pentru pământare pentru fiecare conductor de plan port
  - Referința de polaritate pentru tensiune este dată de săgeata cap(+) și bază (-) a liniei terminale. Dacă se crează linii terminale, ele vor fi definite pentru fiecare port și fiecare terminal de pe port
- **Locația** – se recomandă ca doar suprafețele care sunt expuse la fundal să fie definite ca porturi de undă. Fundalul primește numele de outer. Prin urmare, o suprafață este expusă fundalului dacă atinge frontiera exterioară
- **Wave port interior** – pentru a crea un astfel de port în interiorul unei structuri, trebuie creat un void interior sau să se selecteze suprafața unui obiect interior care are proprietatea de material perfect conductor. Se poate crea un void interior prin încercuirea unui obiect cu un alt obiect, apoi folosirea comenzii abstract

# Porturi de undă

- HFSS presupune că fiecare port pe care îl definiți este conectat la un ghid de undă lung semiinfini care are aceeași secțiune transversală ca și portul de undă(wave port).
- Pentru a modela corect, se adaugă o lungime de secțiune transversală uniformă la fiecare WavePort



# Modurile de propagare

- Modurile de propagare sunt cele care au o constantă de propagare,  $\beta$  (rad/m), care este mai mare decât constanta lor de atenuare,  $\alpha$  (Np/metru). O modalitate de a determina care moduri vor trebui modelate este să se seteze problema cu moduri multiple și să se genereze o soluție. Apoi se va inspecta constanta de propagare  $\gamma = \alpha + j\beta$ , asociată cu fiecare mod, urmând să se inspecteze valorile complexe ale constantei de propagare Gamma

**Solution Data**

Design Var.:

Simulation: Setup1 Sweep1

Convergence Profile Matrix Data

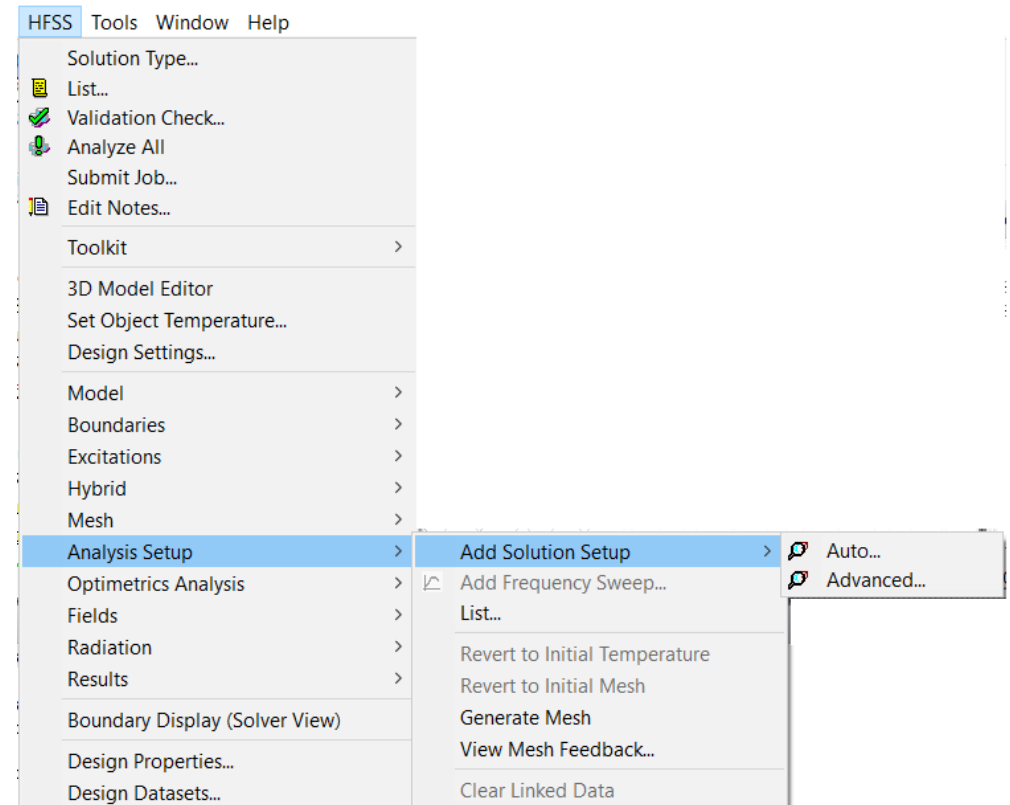
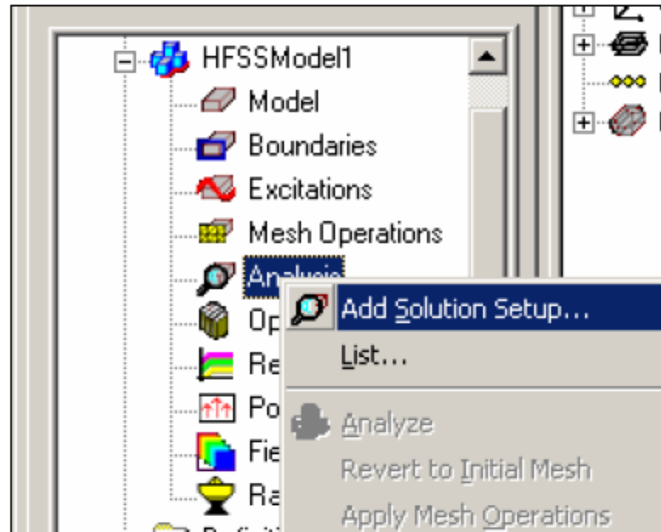
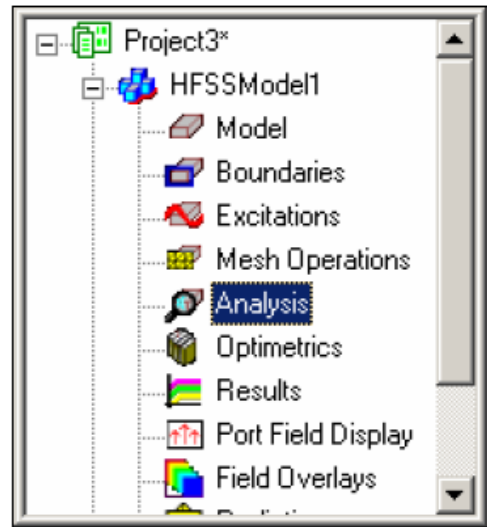
S Matrix  Gamma Real/Imaginary

Y Matrix  Z0

Z Matrix  All Freqs.

Freq	Gamma (Np/meter, rad/meter)	Lambda (meters)	Epsilon
27 (GHz) WavePort1:1 (0, 474.71)	0.47471	0.013236	0.70375
WavePort2:1 (0, 534.73)	0.53473	0.01175	0.89293
WavePort2:2 (0, 534.73)	0.53473	0.01175	0.89293

# Setarea analizei



# Setarea analizei

- Dacă avem mai multe astfel de setări pentru a obține o soluție

The image shows two parts of the HFSS software interface. On the left is a tree view of the project 'HFSSModel1\*'. Under the 'Analysis' folder, three setups are listed: 'Setup1' (with a magnifying glass icon), 'Setup2' (with a crossed-out magnifying glass icon), and 'Setup3' (with a magnifying glass icon). Arrows point from the text 'Enabled', 'Disabled', and 'Enabled' to Setup1, Setup2, and Setup3 respectively. On the right is a context menu for 'Setup1'. The menu includes options like 'Rename', 'Delete', 'Properties...', 'Add Sweep...', 'Analyze', 'Distribute Analysis', 'Revert to Initial Mesh', 'Apply Mesh Operations', 'Enabled' (checked), 'Profile', 'Convergence', and 'Matrix Data'. Below the menu is a table with the following data:

Name	Value
Name	Setup1
Classes	6
Adapt Freq	1
Delta S	0.02

# Setarea analizei

Driven Solution Setup

General | Options | Advanced | Hybrid | Expression Cache | Derivatives | Defaults

Setup Name: Setup1

Enabled  Solve Ports Only

Adaptive Solutions

Solution Frequency:  Single  Multi-Frequencies  Broadband

Frequency: 4 GHz

Maximum Number of Passes: 5

Maximum Delta S: 0.02

Use Matrix Convergence: Set Magnitude and Phase...

Use Defaults

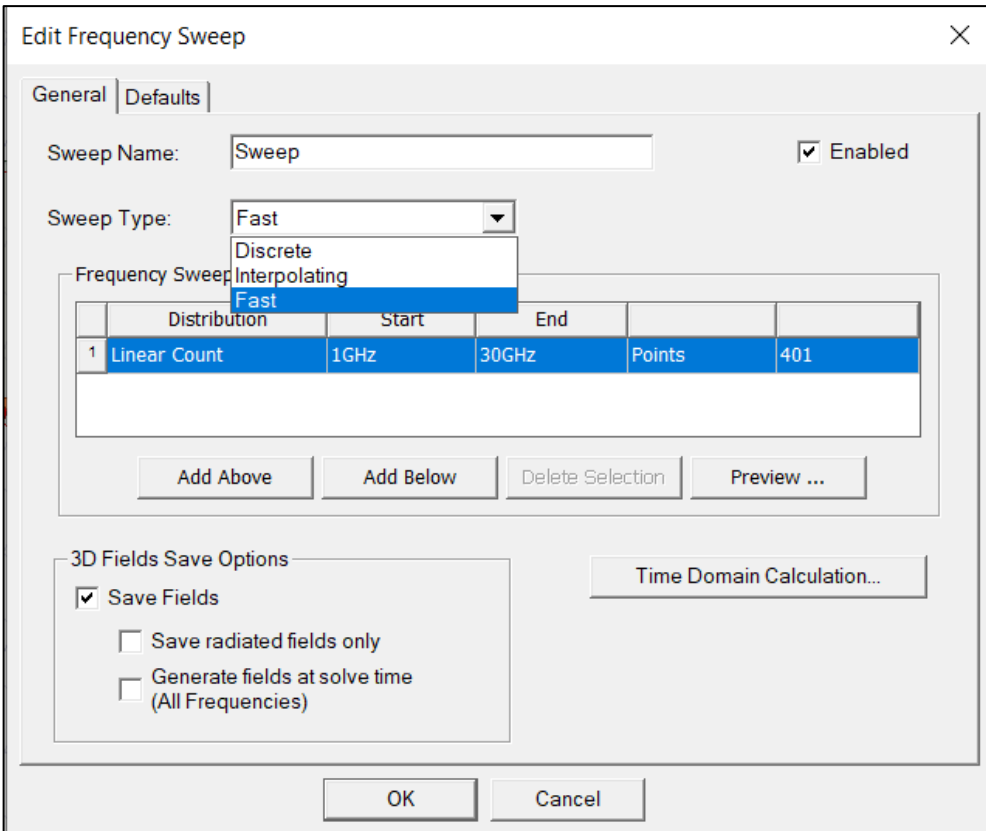
HPC and Analysis Options...

OK Cancel

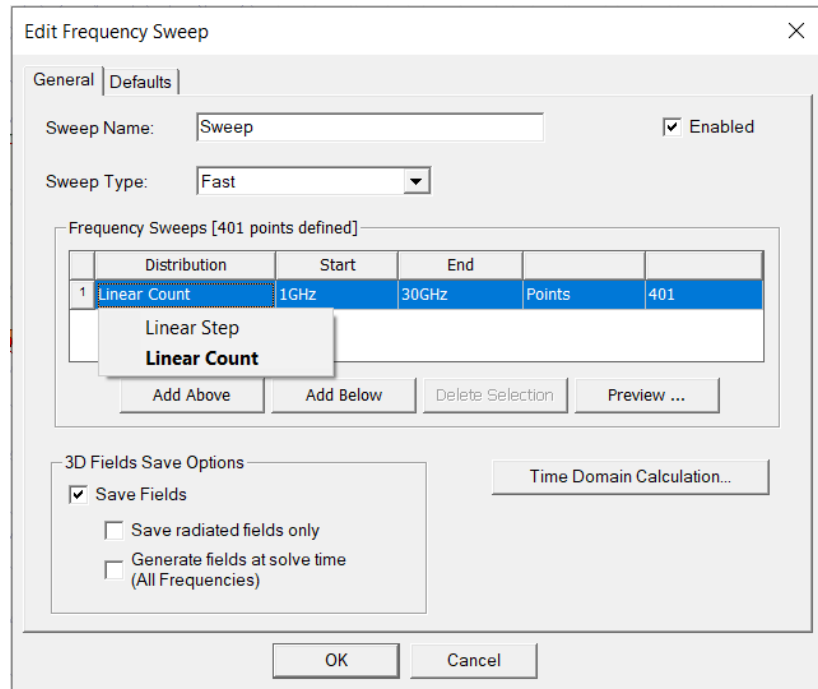
- **Solution Frequency** – Acest punct de frecvență este folosit de procesul de creare a rețelei de discretizare pentru a rafina în mod automatic rețeaua de discretizare.
- **Maximum Number of Passes** – Acest număr controlează numărul maxim de pași pe care îl va face rutina de creare a rețelei de discretizare adaptative pentru a încerca să satisfacă criteriul de conergență.
- **Maximum Delta S Per Pass** – Acest număr definește criteriul de convergență pentru procesul de creare a rețelei de discretizare adaptative.

# Domenii de frecvență

- HFSS oferă mai multe metode pentru calcularea răspunsului în frecvență:
- **Discrete** – efectuează o soluție completă la fiecare frecvență folosind rețeaua de discretizare curentă. Timpul necesar este timpul rezolvării pentru o singură frecvență înmulțit cu numărul de puncte de frecvență. Câmpurile pot fi afișate la orice frecvență din intervalul de baleiaj dacă caseta Salvare câmpuri este bifată.
- **Fast** – folosește un solver pe baza metodei Adaptive Lanczos-Pade Sweep(ALPS) pentru a extrapola o întreagă bandă de frecvențe de informații și soluții din frecvența centrală. Acest solver este foarte bun pentru dispozitive cu un factor de calitate ridicat, dar nu poate fi folosit pentru rezolvarea dispozitivelor care trec prin frecvențe de tăiere. Odată ce banda a fost extrapolată, un număr mare de puncte de frecvență poate fi calculat fără penalizare. În plus, câmpurile pot fi afișate la orice frecvență din intervalul de baleiaj. Timpul și memoria necesare pentru a rezolva o frecvență rapidă pot fi mult mai mari decât soluția cu o singură frecvență.
- **Interpolating** – efectuează rezolvări la puncte de frecvență discrete care se potrivesc prin interpolare. HFSS determină punctele de frecvență de rezolvat pe baza erorii de interpolare între treceri consecutive. Eroarea de interpolare și numărul maxim de puncte sunt definite de utilizator în Edit Sweep. Ca și în cazul baleiajului rapid de frecvență, Interpolating Sweep poate genera un număr mai mare de puncte de frecvență. Timpul maxim de rezolvare este rezoluția cu o singură frecvență înmulțită cu numărul maxim de puncte.
- Este posibil să se salveze datele cu privire la câmp pentru fiecare punct pentru Fast Sweep și Discrete Sweep. Pentru a se salva informațiile despre câmp trebuie bifată opțiunea Save Fields (All Frequencies).
- Pentru Interpolation Sweep, doar datele cu privire la câmp pentru ultima valoarea a frecvenței care a fost salvată va fi disponibilă pentru post-procesare.



# Domenii de frecvență

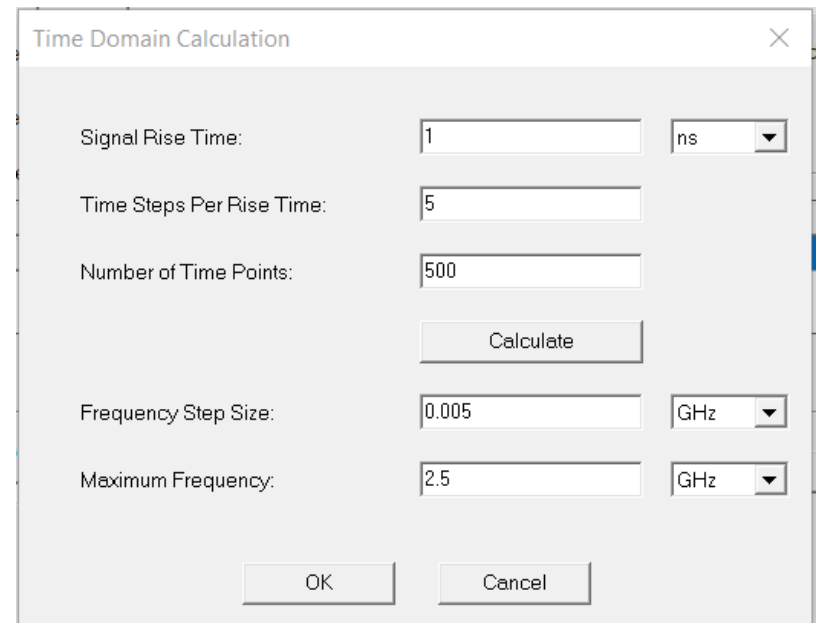


Există 3 tipuri de setări de frecvență:

- Linear Step - specifică o gamă liniară largă de valori cu o valoare constantă a pasului
- Linear Count - specifică o gamă liniară largă de valori și numărul de puncte din gama variabilă
- Single Points – specifică o valoare singulară pentru definirea domeniului

HFSS poate să calculeze maximul frecvenței necesară pentru a obține un rezultat în domeniul timp precis.

Max. Freq. =  $(0.5/\text{Signal Rise Time}) \times \text{Time Steps Per Rise Time}$



# Reprezentarea datelor

- Reprezentarea datelor poate să ia o multitudine de forme. Cel mai mare format folosit este 2D Cartesian, dar se pot face și grafice 3D.

## Soluții Eigenmode

Eigenmode Parameters (modes)

## Soluții Driven Modal

S-parameters

Y-parameters

Z-parameters

VSWR

Gamma (complex propagation constant)

Port  $Z_0$

## Soluții Driven Terminal

S-parameters

Y-parameters

Z-parameters

VSWR

Power (at port)

Voltage Transform matrix (T)

Terminal Port  $Z_0$

## Câmpuri

Mag\_E

Mag\_H

Mag\_Jvol

Mag\_Jsurf

ComplexMag\_E

ComplexMag\_H

ComplexMag\_Jvol

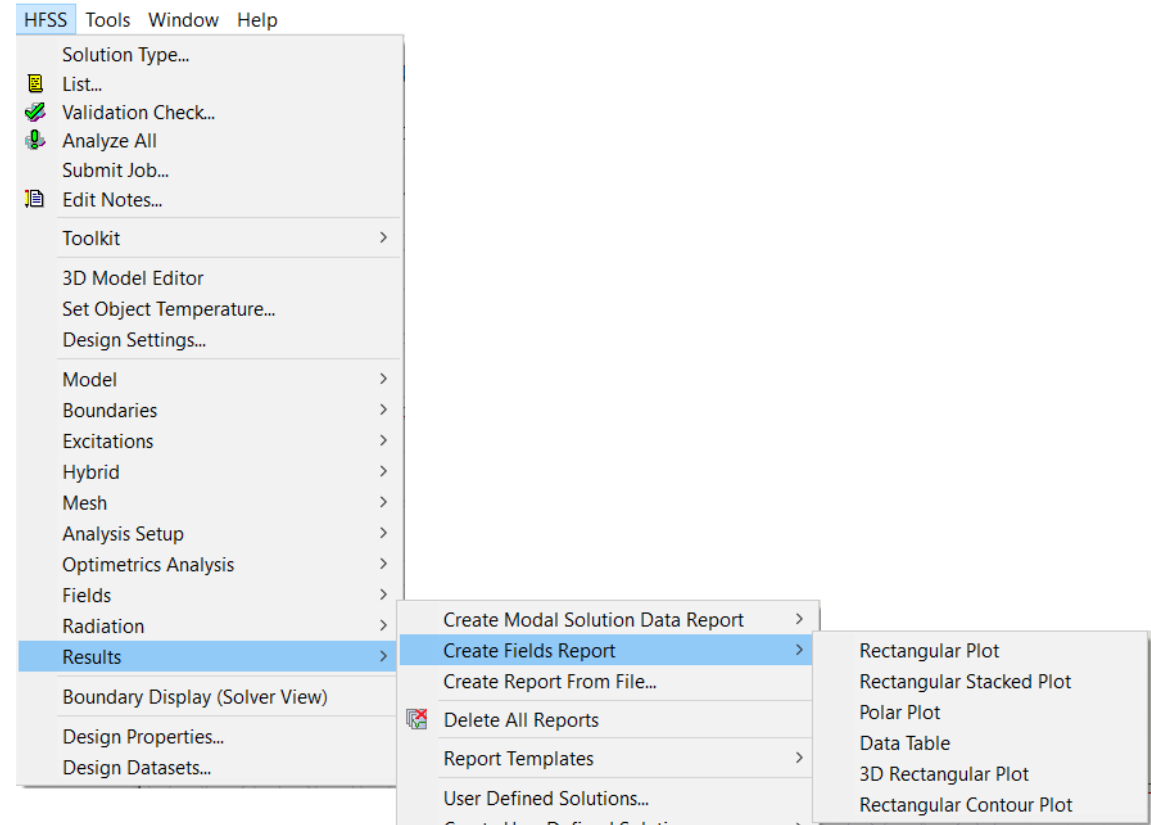
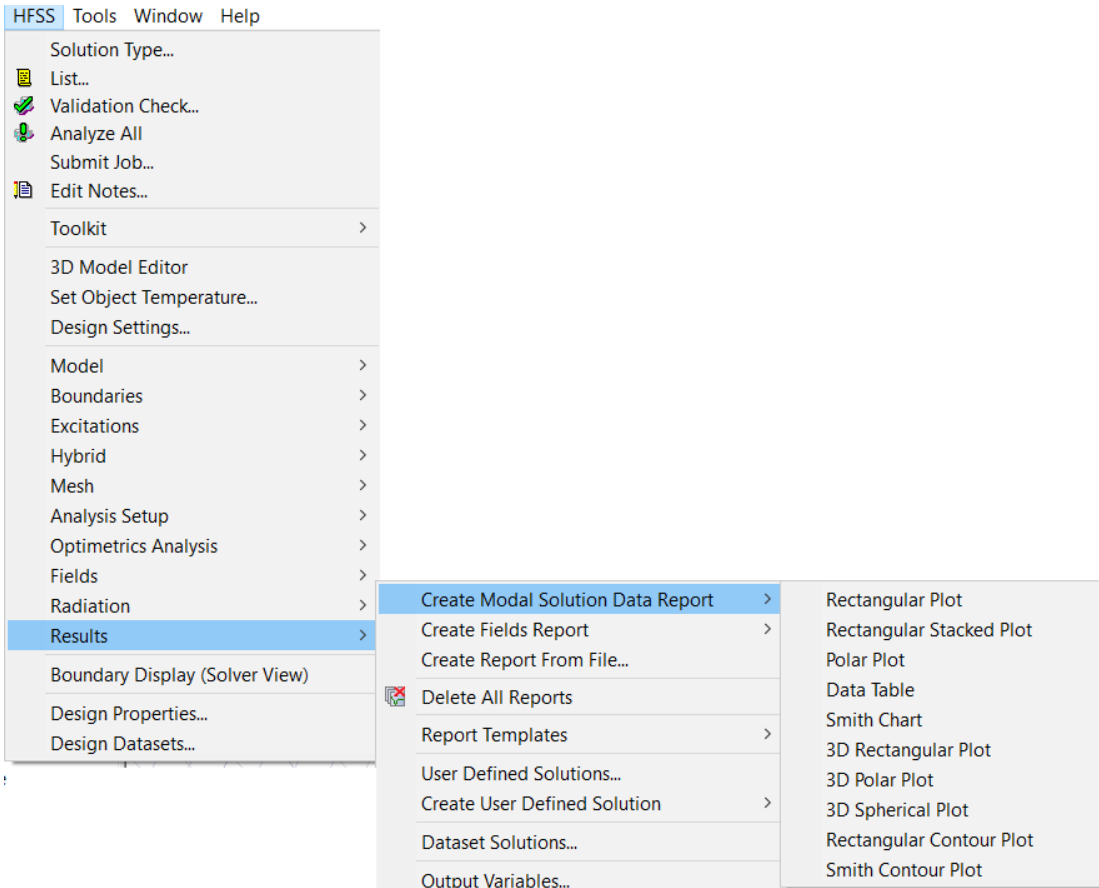
ComplexMag\_Jsurf

Local\_SAR (Specific Absorption Rate)

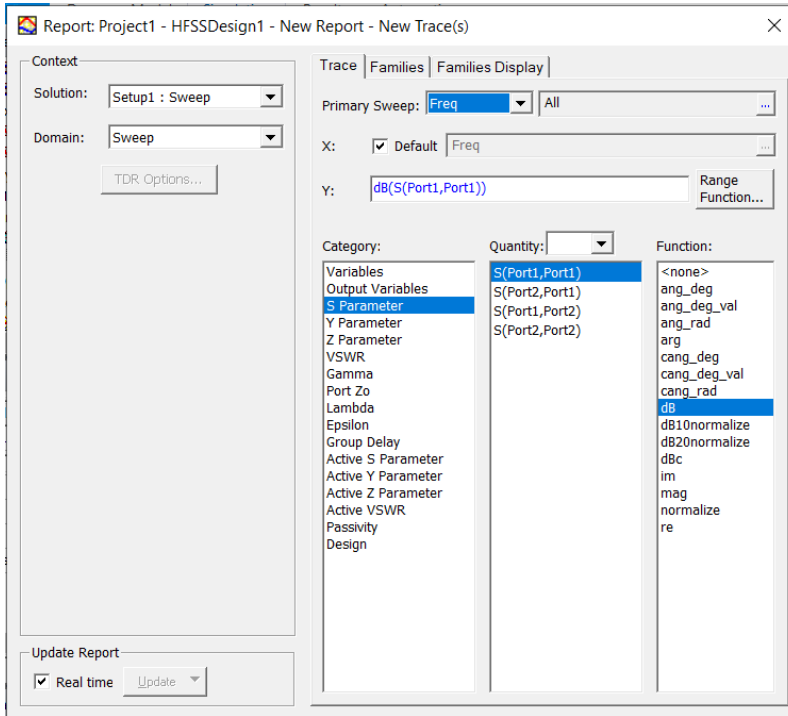
Average\_SAR

# Reprezentarea datelor

HFSS > Results > Create Report



# Reprezentarea datelor

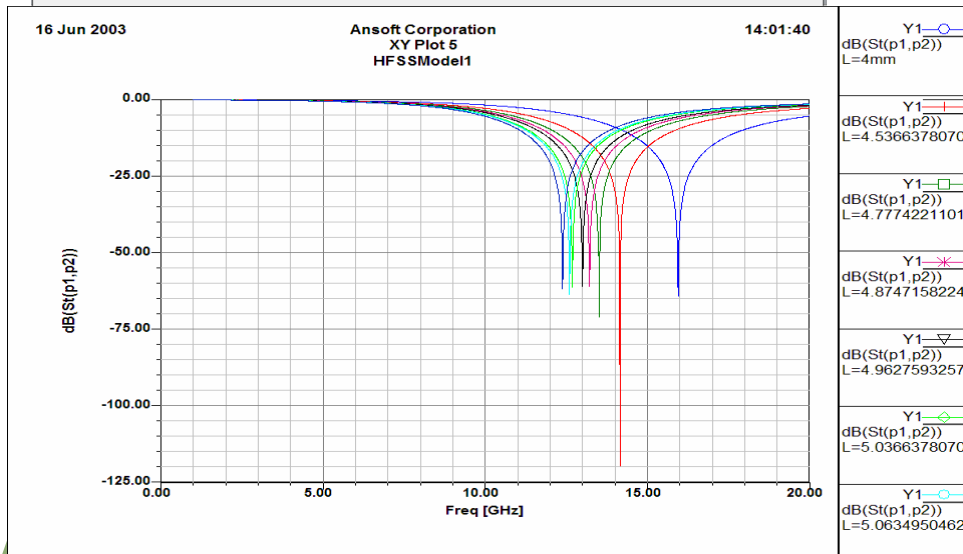


## Context

- Solution(Sweep) – se alege din domeniile disponibile incluzând pașii adaptativi și la datele importate
- Domain – în mod implicit este Sweep, dar poate fi modificat la domeniul Time pentru a reprezenta parametrii S cu un impuls sau un răspuns în fiecare pas.

## Sweep / X / Y Tabs

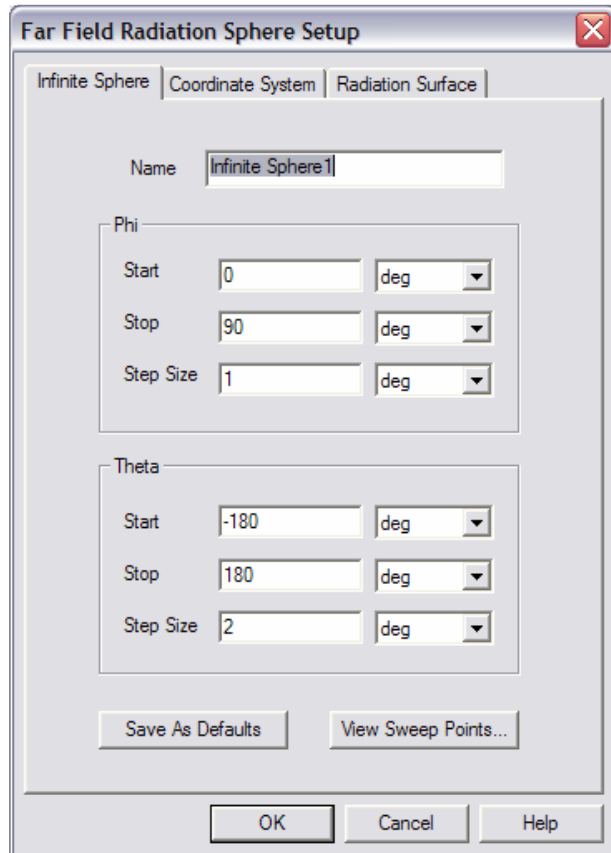
- Primary Sweep – controlează sursa variabilei independente din grafic
- În mod implicit, Report editor selectează Use Current Design și valorile variabile ale proiectului.
- X – controlează orice operator funcțional pe variabila independentă
  - Y – selectează valoarea de trasat și orice operator



# Reprezentarea datelor- caz special, parametrii antelelor

- Deoarece parametrii antenei necesită o configurație de calcul specială pentru a determina regiunea pe care urmează să fie calculate câmpurile, afișarea parametrii antenei este un proces în două etape

HFSS > Radiation > Insert Far Field Setup > Infinite Sphere

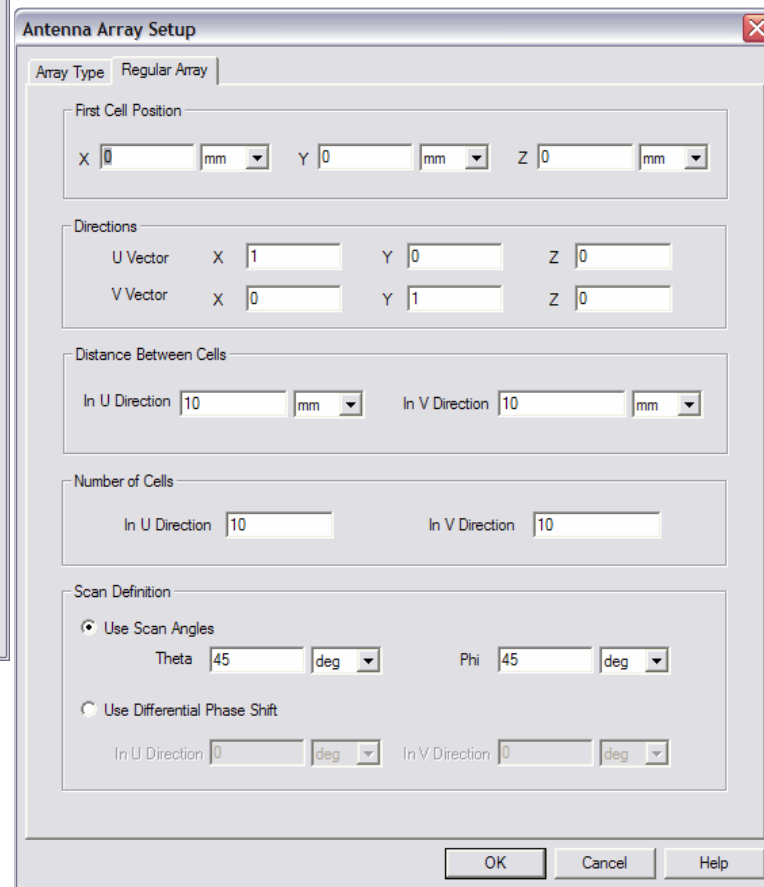
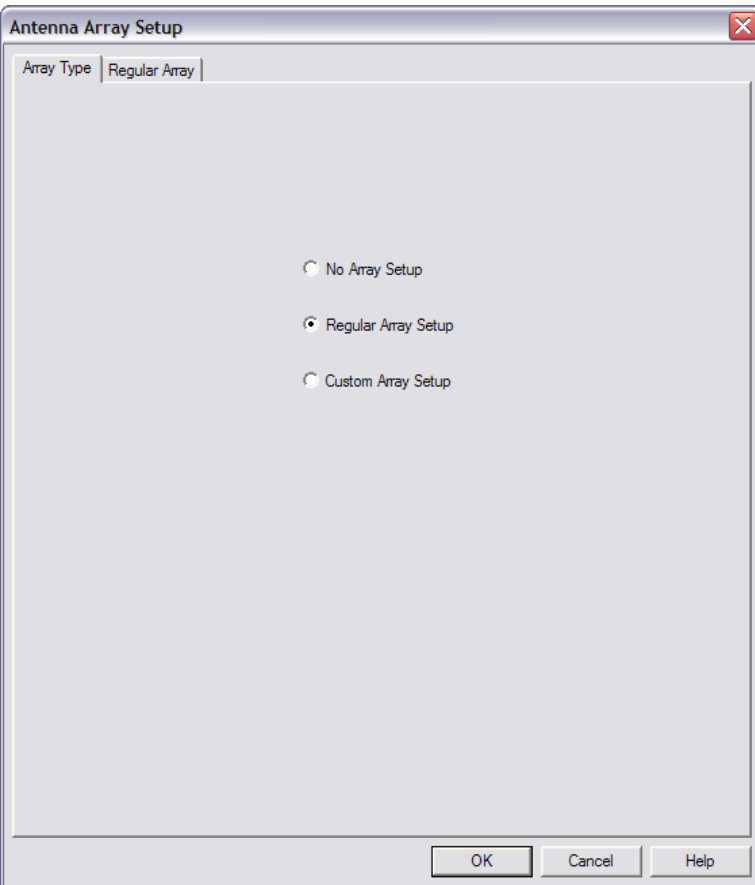


- De asemenea, se poate modifica sistemul de coordonate pentru a calcula pe baza sistemului de coordonate deplasat sau rotit. Se selectează Coordinate System și se trece la noul CS.
- Se poate modifica suprafața de radiație pe care se află câmpurile îndepărtate calculate prin simpla trecere la fila Radiation Surface și selectarea suprafeței noi din oricare dintre cele care au fost definite anterior.

# Reprezentarea datelor- caz special, parametrii antelelor

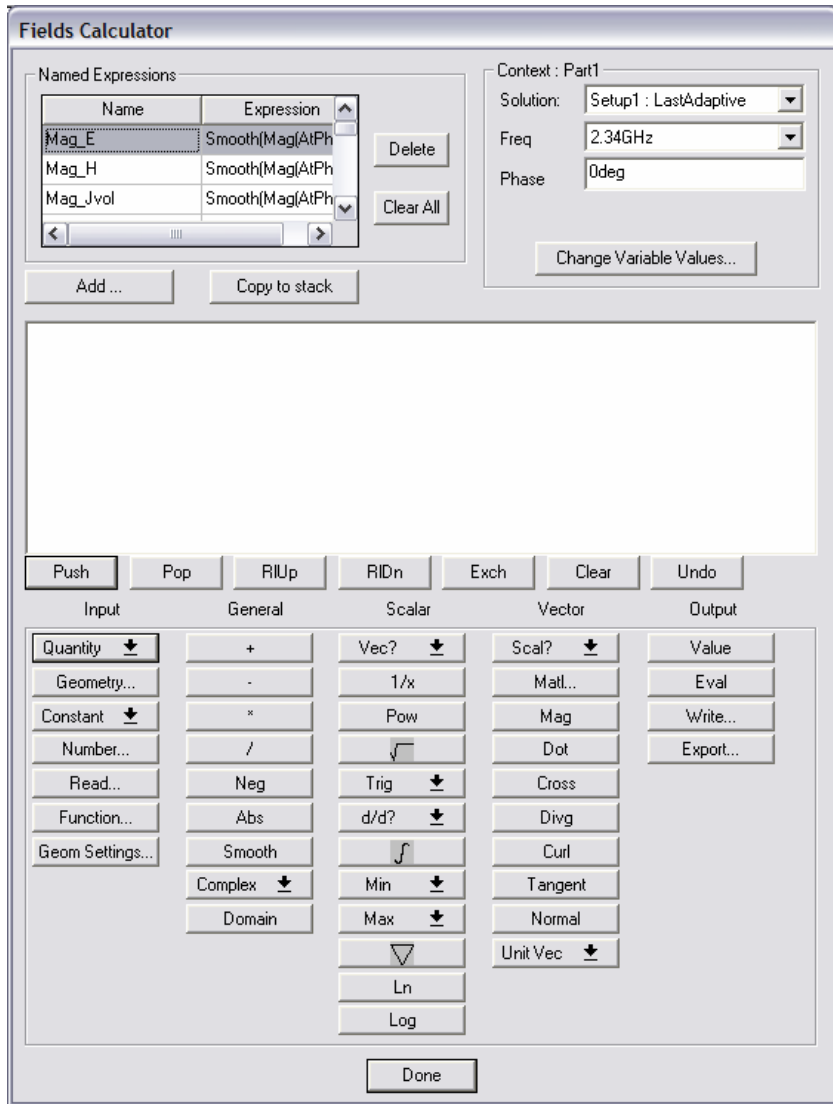
- **HFSS > Results > Create Report**
  - **Report type- Far Field**
  - **Display Type-Radiation Pattern**
  - Se selectează apoi cantitatea pe care vrem să o reprezentăm la **Traces**
  - **Add Trace-Done**

# Reprezentarea datelor- caz special, parametrii antelelelor



- Când se utilizează condițiile de frontieră de tip master slave pentru a crea o antena de tip array , se dorește aplicarea unui factor de array antenelor.
- HFSS > Radiation > Antenna Array Setup
- Se selectează No, Regular sau Custom Array
- Se aleg caracteristicile constructive
- Pentru a trece din nou la calculul cu un singur element, se alege **No Array Setup**

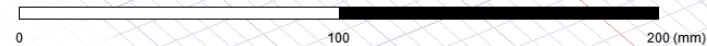
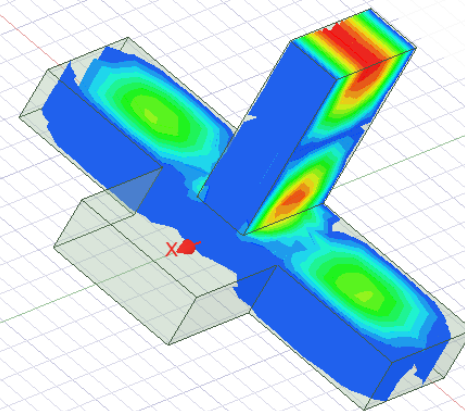
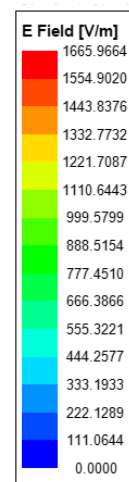
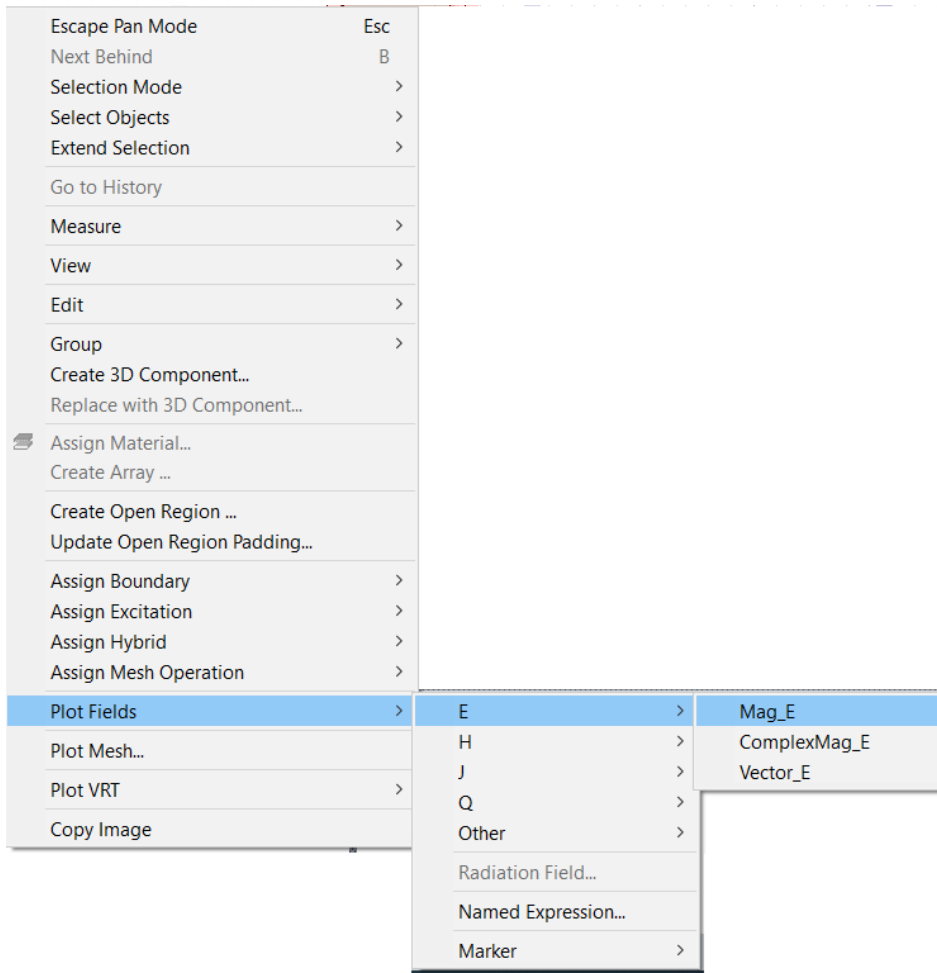
# Manipularea datelor



- Se poate folosi Fields Calculator pentru a manipula cantitățile de câmp pentru a obține anumite valori care nu se calculează direct cu HFSS. Un exemplu ar fi evaluarea fluxului de putere dintr-o structură. Acest lucru poate fi realizat prin integrarea vectorului Poynting pe o suprafață geometrică. Acest lucru poate fi făcut cu un calculator de câmp.
- Selectăm **HFSS > Fields > Calculator**

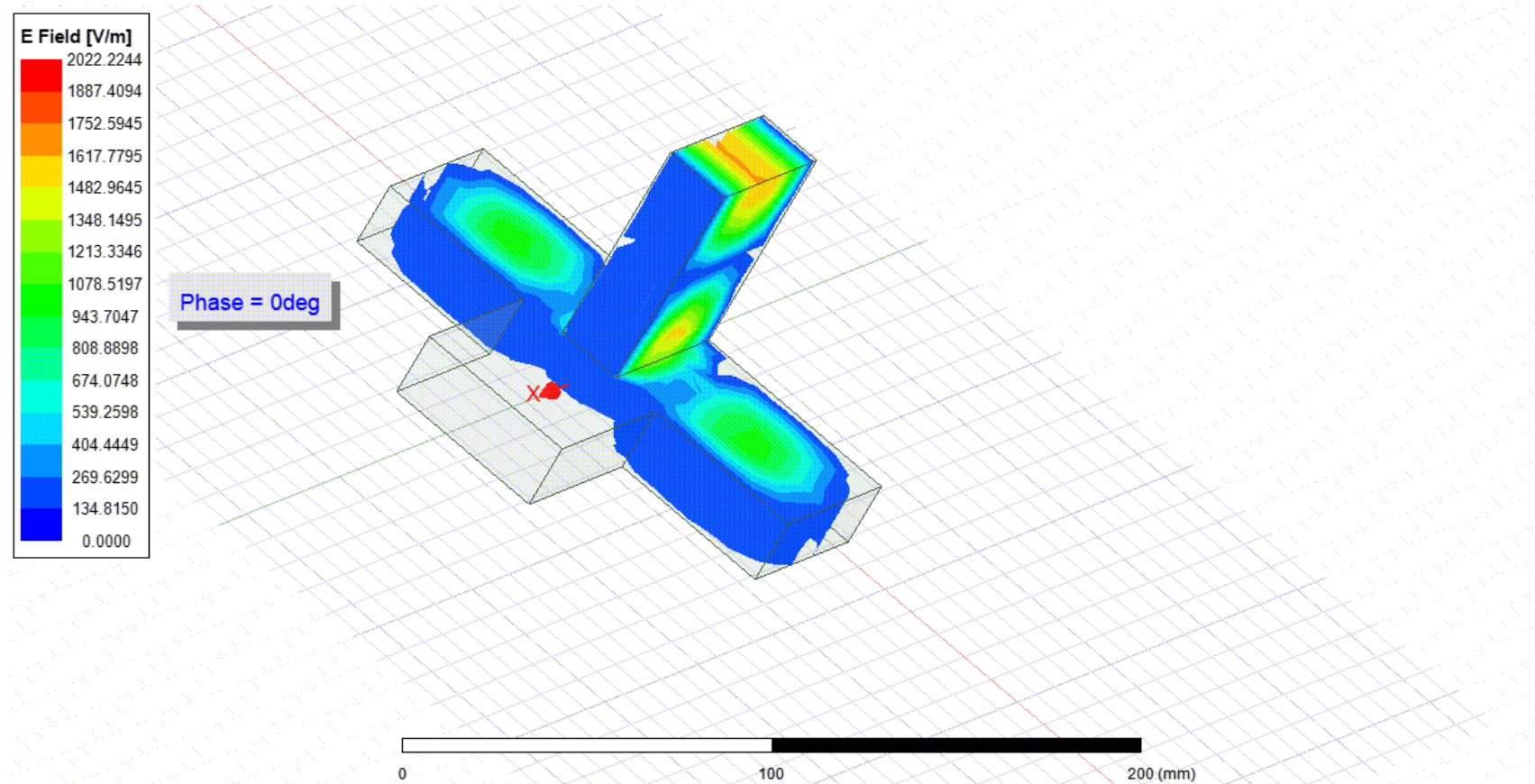
# Reprezentarea câmpurilor

- Reprezentările de câmp pot fi aplicate unei geometrii 3D și poate fi modificată prin modificarea amplitudinii, frecvenței și fazei undei.



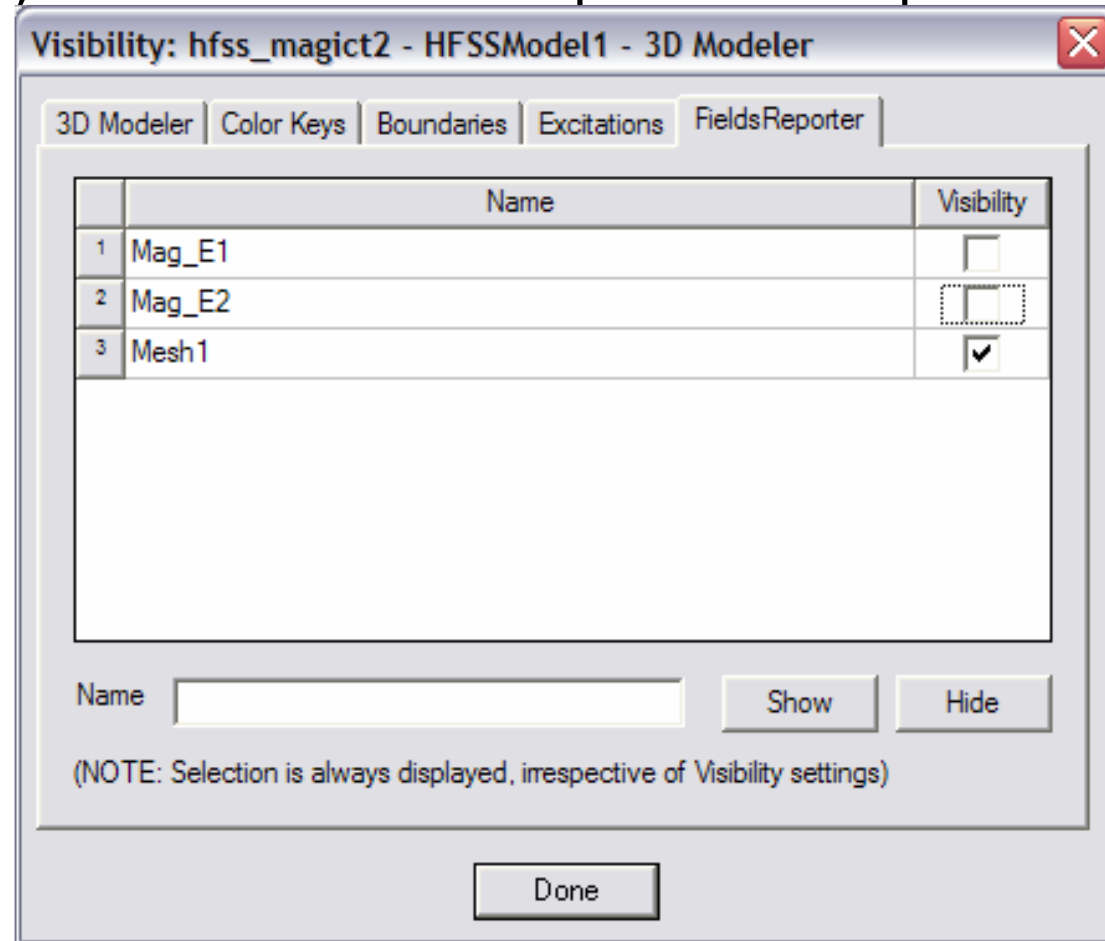
# Reprezentarea câmpurilor

- Putem de asemenea, vizualiza modul în care un câmp se propagă în volum prin animarea acestuia.



# Reprezentarea câmpurilor

- Pentru a ascunde unele reprezentări, se va accesa View > Visibility
- Se selectează Fields Report și se bifează sau nu reprezentările pentru a putea fi vizibile sau nu



# Monitorizarea convergenței

- Pentru a vizualiza convergența unei soluții se accesează HFSS >Results> Solution data

Solutions: Project1 - HFSSDesign1

Simulation: Setup1

Design Variation: a='22.859999999999999mm' b='10.16mm' L='60mm' th='0.20000000000000001mm'

Profile | Convergence | Matrix Data | Mesh Statistics

Task	Real Time	CPU Time	Memory	Info
Field Recovery	00:00:00	00:00:00	84.2 M	Disk = 5.38 MBytes, 8 excitations
Data Transfer	00:00:00	00:00:00	74.5 M	Frequency Group #30: Discrete frequency sweep
Frequency Swee...				Elapsed Time: 00:02:28 (Discrete sweep)
Frequency Sweep				Elapsed time: 00:02:29
Simulation Sum...				
Design Validation				Elapsed time: 00:00:00, total memory: 67.6 MB
Frequency Sweep				Elapsed time: 00:02:29, total memory: 0.3291 GB
Solution Process				Elapsed time : 00:02:29 , Hfss ComEngine Memory : 75 M
Total				Time: 11/29/2021 12:41:08, Status: Normal Completion

Export... Close

Solutions: Project1 - HFSSDesign1

Simulation: Setup1

Design Variation: a='22.859999999999999mm' b='10.16mm' L='60mm' th='0.20000000000000001mm'

Profile | Convergence | Matrix Data | Mesh Statistics

Total number of elements: 3132

	Num Tets	Min edge length	Max edge length	RMS edge length	Min tet vol	Max tet vol	Mean tet vol	Std Devn (vol)
Aer	1111	2.42062	9.76182	6.73472	0.431118	53.5195	12.5432	10.3704
Metal	819	3.30081	10.3344	7.5697	0.121407	2.25408	0.979341	0.470227
Radiate	1202	4.71285	11.7549	8.21026	3.10363	63.0882	20.8069	10.3557

Export... Close

Solutions: Project1 - HFSSDesign1

Simulation: Setup1

Design Variation: a='22.859999999999999mm' b='10.16mm' L='60mm' th='0.20000000000000001mm'

Profile | Convergence | Matrix Data | Mesh Statistics

Number of Passes

Completed	2
Maximum	12
Minimum	1

Max Mag. Delta S

Target	0.02
Current	0.0033501

View:  Table  Plot

Export...

CONVERGED

Consecutive Passes

Target	1
Current	1

Default Settings

Save Defaults Clear Defaults

Pass Number	Solved Elements	Max Mag. Delta S
1	2134	N/A
2	2313	0.0033501

# Date de ieșire

- HFSS >Results> Solution data
- Se poate alege dintr-o listă de posibile matrici de valori de ieșire:
  - S-matrix
  - Y-matrix
  - Z-matrix
  - Gamma
  - Zo (impedanța caracteristică.)
- Datele pot fi în următoarele formate:
  - Magnitude/ Phase
  - Real/ Imaginary
  - dB/ Phase
  - Magnitude
  - Phase
  - Real
  - Imaginary
  - dB

The screenshot shows the 'Matrix Data' tab in the HFSS software interface. The simulation is 'Setup1' and the sweep is 'Sweep1'. The design variation is defined by parameters: a='22.859999999999999mm', b='10.16mm', L='60mm', th='0.20000000000000001mm'. The matrix data is displayed for a frequency of 5GHz, showing the S-matrix. The matrix is a 2x2 matrix with the following values:

Freq	S:1:1	S:1:2	S:1:3	S:1:4	S:2:1	S:2:2
5GHz	1:1 (0.00012473, -180)	(6.0119e-05, 0.014)	(6.7145e-06, 180)	(1.4112e-05, -2.39)	(0.0048382, -0.0494)	(4.8649e-07, 180)
	1:2 (6.0119e-05, 0.014)	(0.0013874, -180)	(7.387e-05, 0.0516)	(4.1839e-05, -1.3)	(2.5854e-07, 0.00363)	(2.392e-07, 180)
	1:3 (6.7145e-06, 180)	(7.387e-05, 0.0516)	(0.0019619, -180)	(3.006e-05, 179)	(2.1191e-07, 180)	(6.8533e-10, -0.0152)
	1:4 (1.4112e-05, -2.39)	(4.1839e-05, -1.3)	(3.006e-05, 179)	(0.0025858, -180)	(3.8248e-07, 0.712)	(4.9854e-10, 180)
	2:1 (0.0048382, -0.0494)	(2.5854e-07, 0.00363)	(2.1191e-07, 180)	(3.8248e-07, 0.712)	(0.00018099, -180)	(7.5376e-05, 0.0179)
	2:2 (4.8649e-07, 180)	(2.392e-07, 180)	(6.8533e-10, -0.0152)	(4.9854e-10, 180)	(7.5376e-05, 0.0179)	(0.002184, -180)
	2:3 (2.3091e-07, -0.0442)	(8.0181e-11, -180)	(2.5499e-08, -0.112)	(1.1835e-11, 1.95)	(1.7518e-05, 0.0227)	(7.6588e-05, 0.019)
	2:4 (5.2486e-07, -180)	(1.9733e-10, -0.203)	(6.546e-11, 180)	(3.9862e-09, 180)	(1.1384e-05, -0.859)	(0.00013544, 179)

# Scurtături (shortcuts)

## General Shortcuts

- **F1:** Help
- **F1 + Shift:** Context help
- **F4 + CTRL:** Close window
- **CTRL + C:** Copy
- **CTRL + N:** New project
- **CTRL + O:** Open...
- **CTRL + S:** Save
- **CTRL + P:** Print...
- **CTRL + V:** Paste
- **CTRL + X:** Cut
- **CTRL + Y:** Redo
- **CTRL + Z:** Undo
- **CTRL + 0:** Cascade windows
- **CTRL + 1:** Tile windows horizontally
- **CTRL + 2:** Tile windows vertically
  
- **Alt + Double Click Left Mouse Button at points on screen:** Sets model projection to standard isometric projections (see diagram to the right).
- **Alt + Double Click Right Mouse Button at points on screen:** give the nine opposite projections.

## 3D Modeller Shortcuts

- **B:** Select face/object behind current selection
- **F:** Face select mode
- **O:** Object select mode
- **Hold X:** Cursor movement restricted to x direction
- **Hold Y:** Cursor movement restricted to y direction
- **Hold Z:** Cursor movement restricted to z direction
- **CTRL + A:** Select all visible objects
- **CTRL + SHIFT + A:** Deselect all objects
- **CTRL + D:** Fit view
  
- **CTRL + Left Mouse Click:** Shifts the local coordinate system temporarily
- **SHIFT + Left Mouse Button:** Drag
- **Alt + Left Mouse Button:** Rotate model
- **Alt + SHIFT + Left Mouse Button:** Zoom in / out
- **F3:** Switch to point entry mode (i.e. draw objects by mouse)
- **F4:** Switch to dialogue entry mode (i.e. draw object solely by entry in command and attributes box.)
- **F6:** Render model wire frame
- **F7:** Render model smooth shaded

Predefined View Angles

