

Formation HFSS

Simulation de boucle magnétique

Alexandre Boyer

Mai 2020

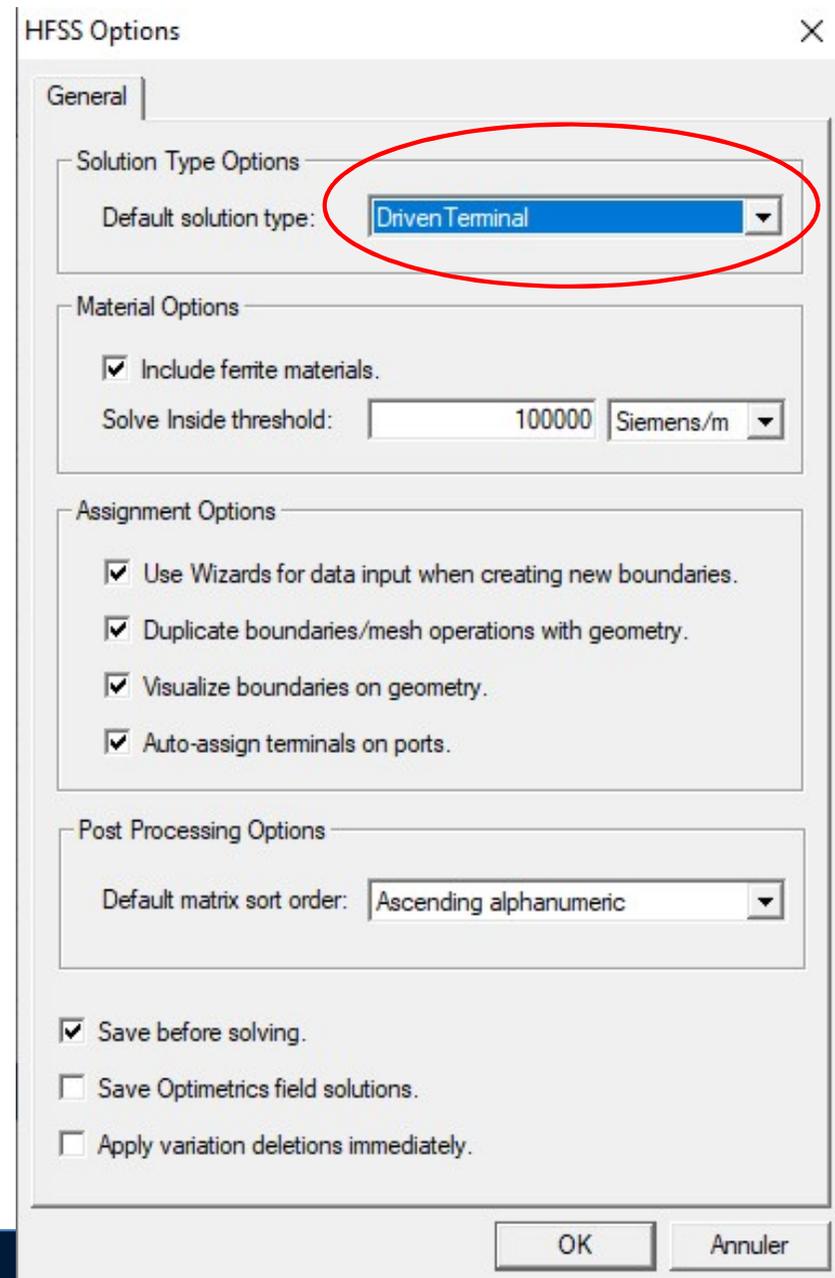
- > Prise en main de l'environnement ANSYS Electronics Desktop (V16) – HFSS
- > Création d'un projet *from scratch*
- > Flot de modélisation et post-processing typique
- > Utilisation des opérations logiques pour construire une géométrie
- > Validation des résultats de simulation sur un cas simple
- > Export des résultats (fichier Touchstone et circuit équivalent SPICE)
- > Lien avec les autres outils de ANSYS Electronics Desktop (Nexxim Circuit Simulator) : modèle statique (N port) et lien dynamique

Cas 1

- > Une boucle circulaire de rayon $R_{loop} = 5 \text{ mm}$, constitué d'un fil de rayon $R_{wire} = 0.5 \text{ mm}$
- > Le fil est en cuivre.
- > Il est excité par un générateur de tension interne de 20 V et d'impédance de sortie 50Ω

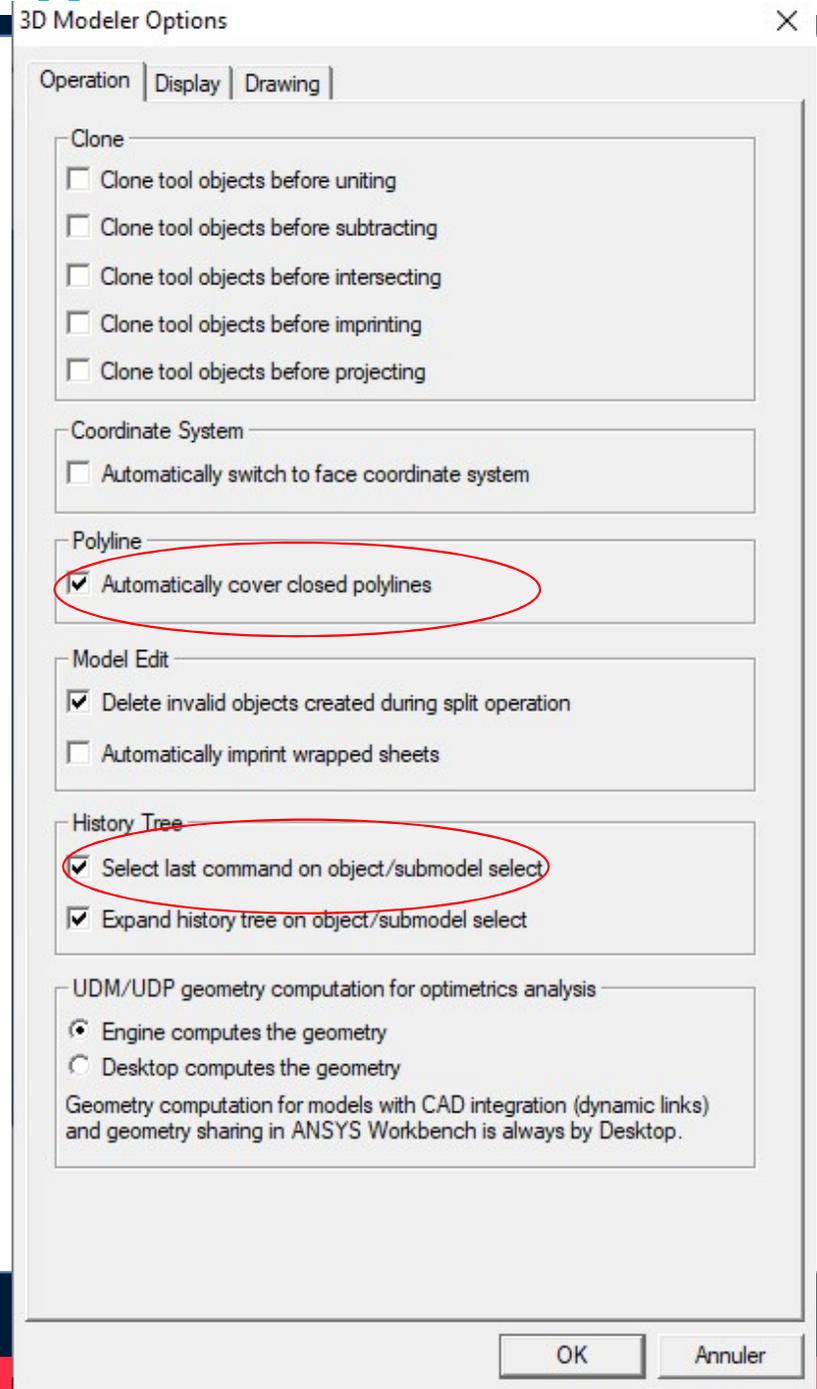
Premières options à régler

> **Tools > Options > General Options :**



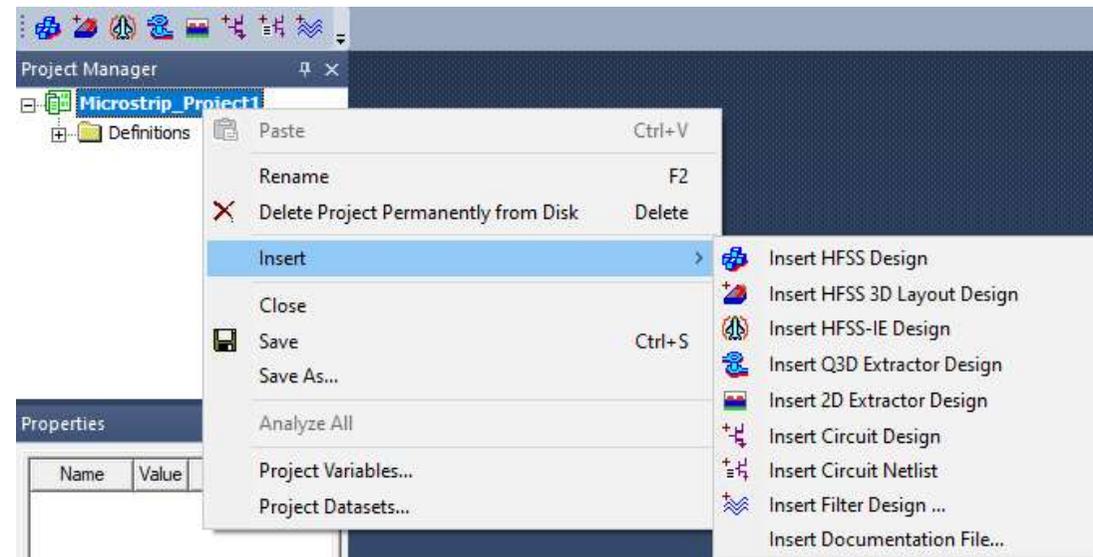
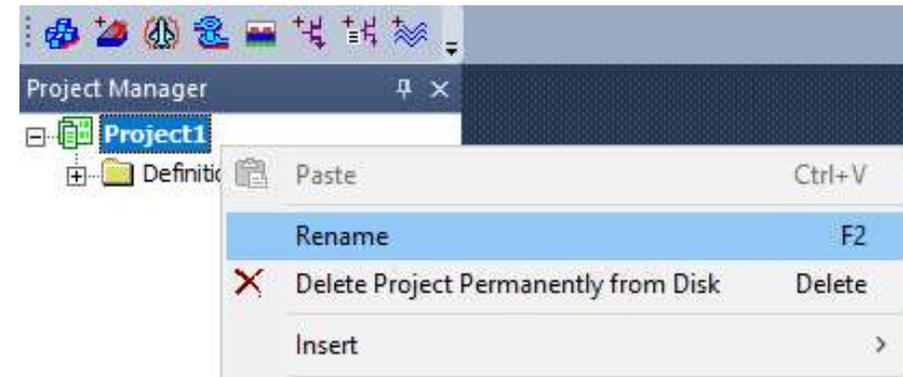
Premières options à régler

- > **Tools > Options > 3D Modeler Options :**
- > Dans le volet Drawing, cochez « Edit Properties of New Primitives »



Création du projet / design HFSS

- > **File > New** → création d'un nouveau projet
- > Renommer en MagneticLoop1
- > Insertion d'un design HFSS, qu'on nommera MagneticLoop. 
- > **File > Save as** → sauvegarde du projet
- > Réglage du type de solution (**Tools > Options > General Options**)
- > Réglage des unités (en mm) : **Modeler > Units**



Création des variables

- > Créer les variables suivantes
- > **HFSS > Design properties > bouton Add** ou clic droit sur le nom du projet > **Design properties**

Local Variables

Value
 Optimization
 Tuning
 Sensitivity
 Statistics

	Name	Value	Unit	Evaluated Value	Type	Description	Read-only	Hidden
	Rloop	5	mm	5mm	Design		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Rwire	0.5	mm	0.5mm	Design		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Wairbox	75	mm	75mm	Design		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Vgene	10	V	10V	Design		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Définition du modèle géométrique

- > La géométrie peut être créée à l'aide d'un tore.
- > Clic sur **Draw torus** (dispo aussi dans **Draw > Draw box**)
- > Dimensions et définition du matériau :



Properties: MagneticLoop1 - MagneticLoop - Modeler

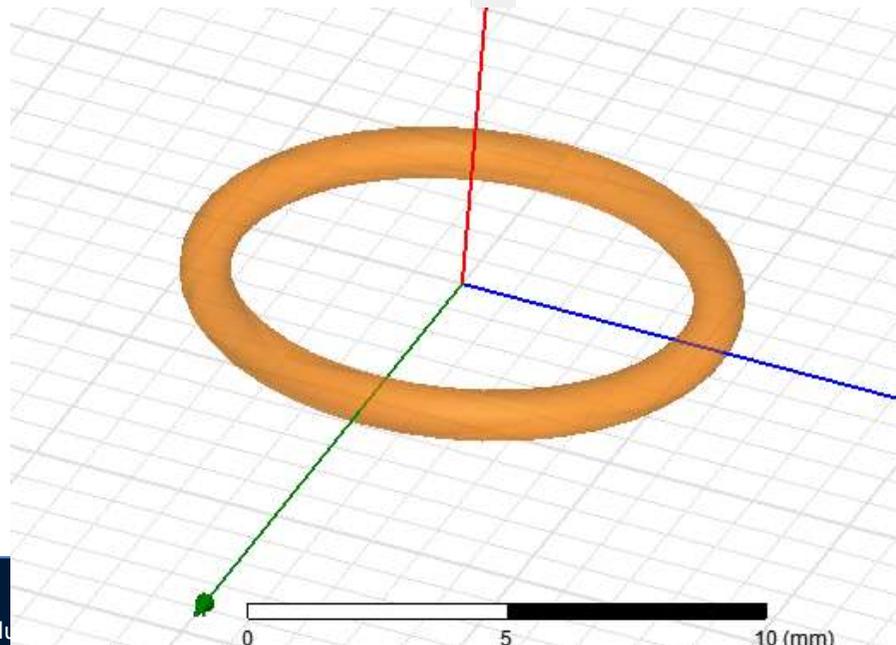
Command

Name	Value	Unit	Evaluated Value	Description
Command	CreateTorus			
Coordinate Sys...	Global			
Center Position	0,0,0	mm	0mm, 0mm, 0mm	
Axis	Z			
Minor Radius	Rwire		0.5mm	
Major Radius	Rloop		5mm	

Properties: MagneticLoop1 - MagneticLoop - Modeler

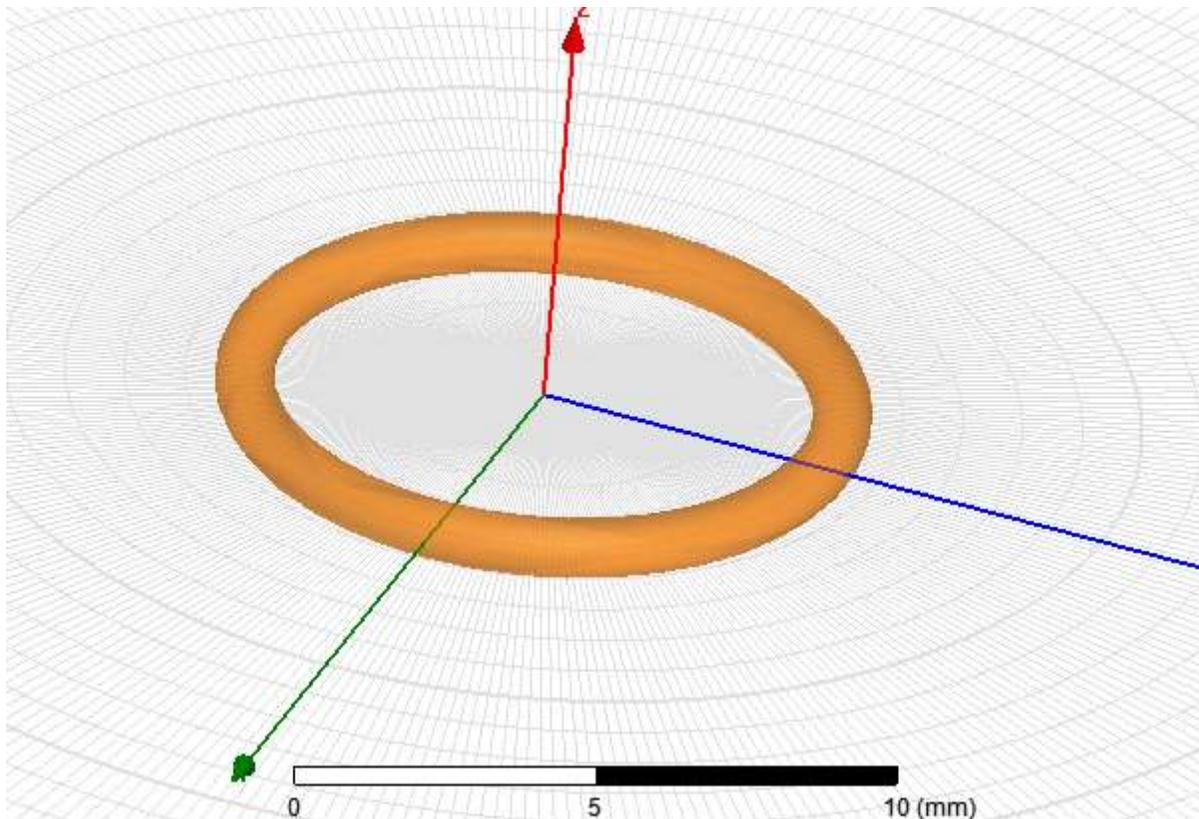
Attribute

Name	Value	Unit	Evaluated Value	Description	Read-only
Name	Loop				<input type="checkbox"/>
Material	"copper"		"copper"		<input type="checkbox"/>
Solve Inside	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
Orientation	Global				<input type="checkbox"/>
Model	<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
Display Wirefra...	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>
Color					<input type="checkbox"/>
Transparent	0.5				<input type="checkbox"/>



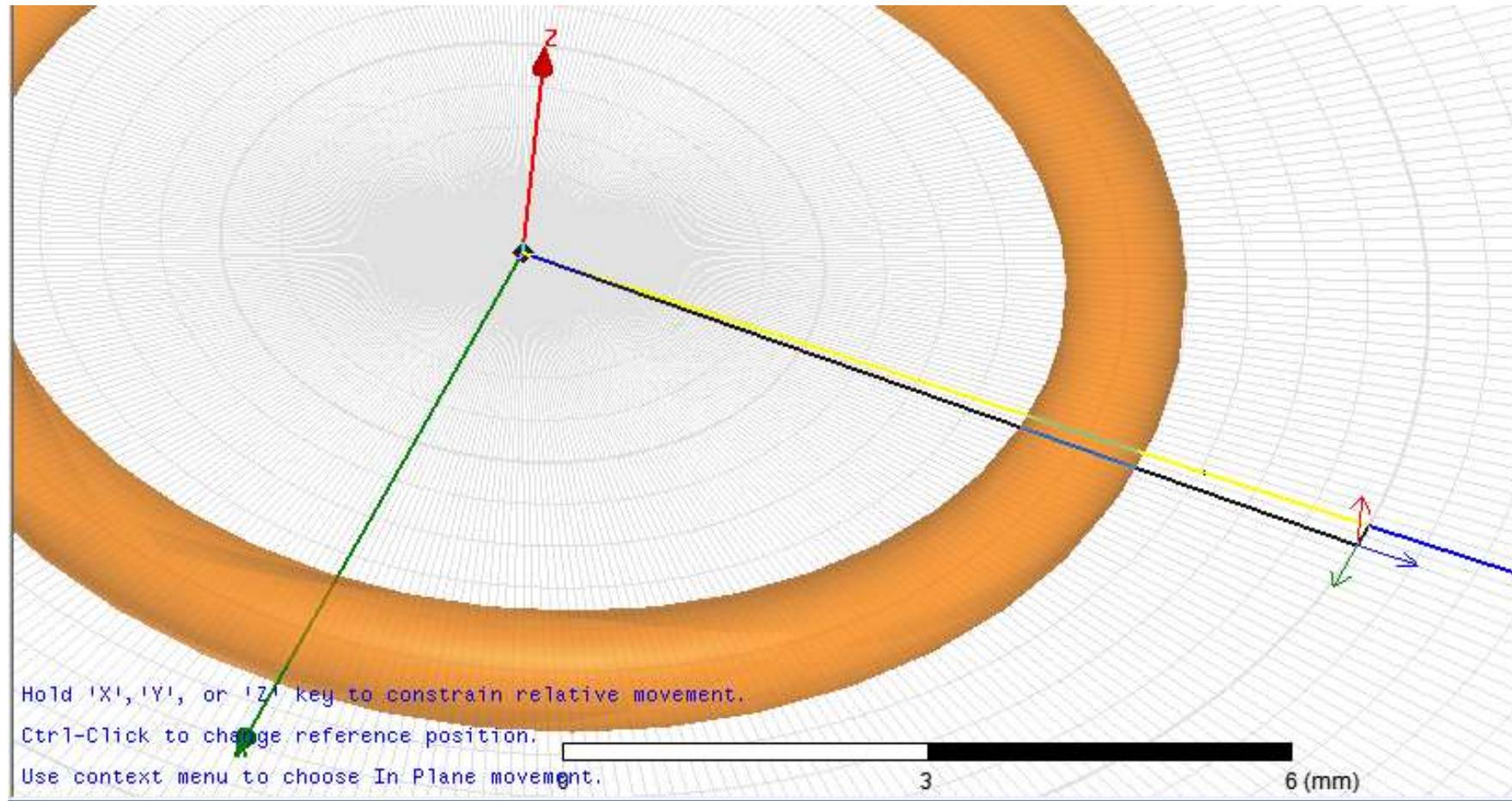
Définition du modèle géométrique

- > Il est nécessaire de créer une ouverture dans la boucle pour placer un port d'alimentation.
- > Commençons par changer le système de coordonnées :
View > Grid System
- > Passage en coordonnées polaires



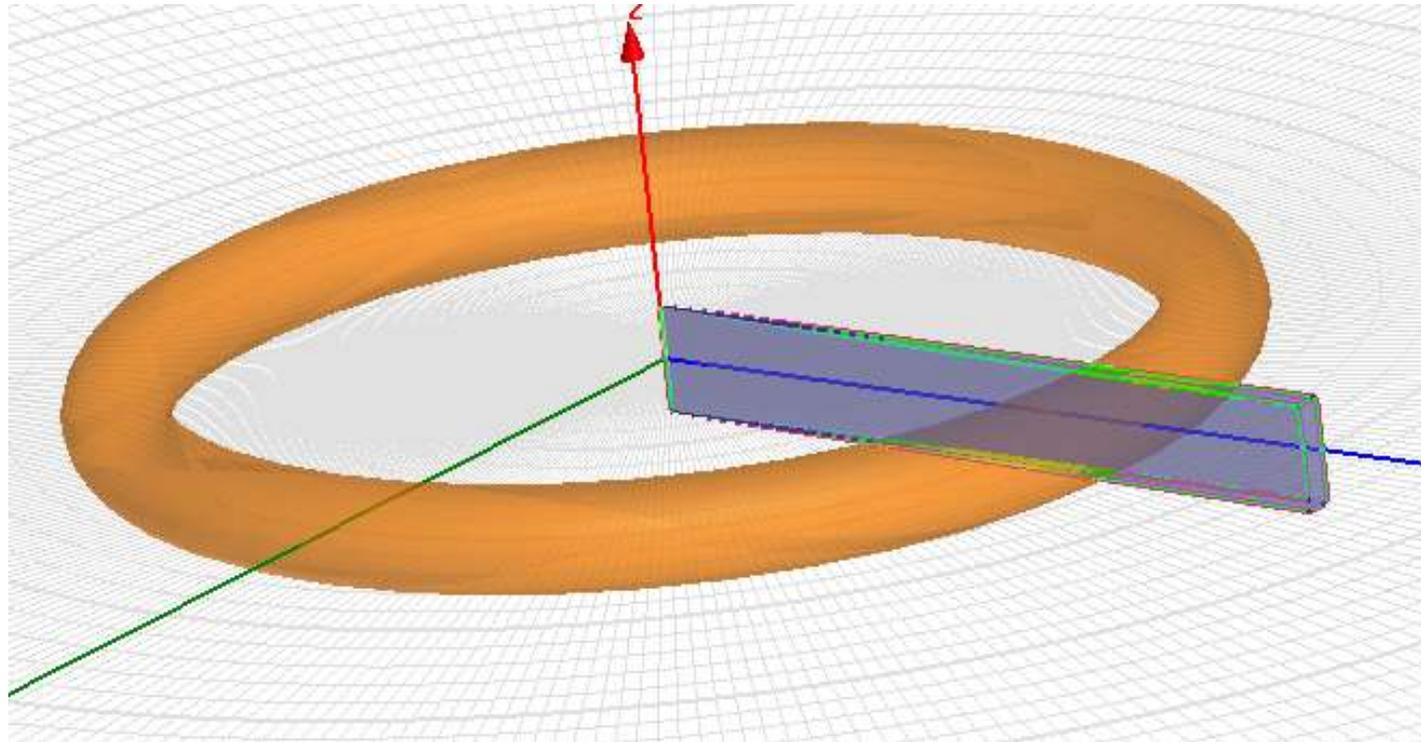
Définition du modèle géométrique

- > Dessiner une ligne délimitant une petite portion de la boucle (**Draw Line**)
- > Un objet polyline est créé définissant une surface fermée d'épaisseur nulle.



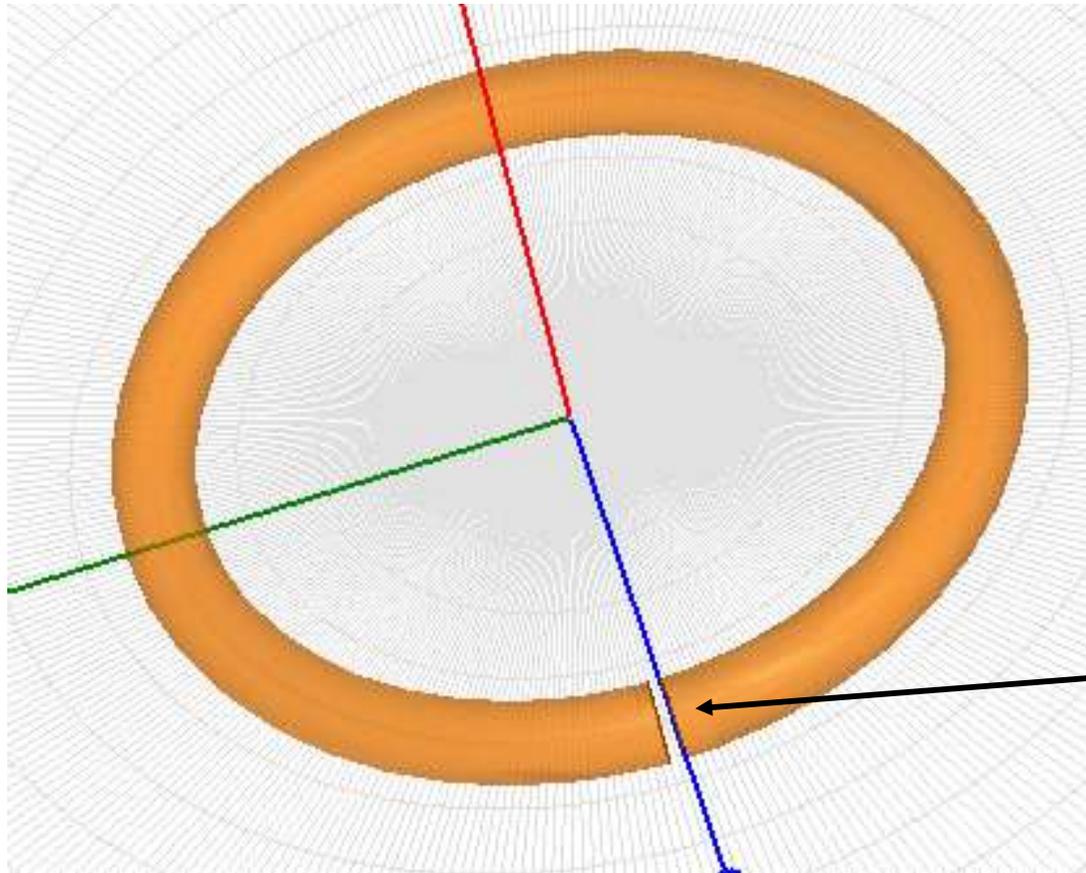
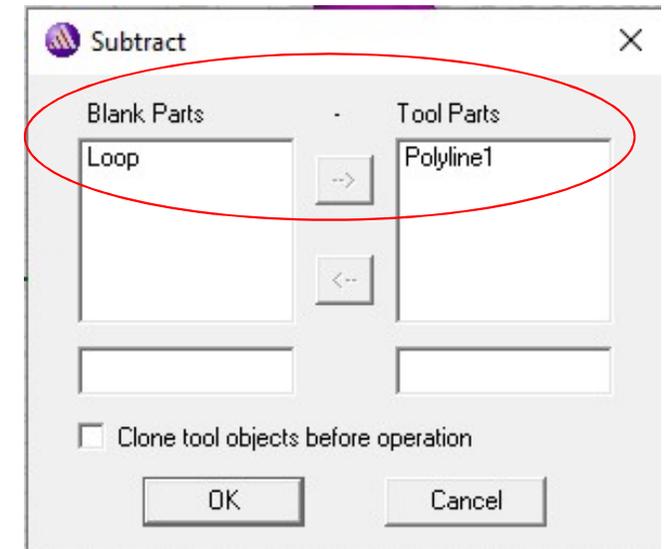
Définition du modèle géométrique

- > Sélectionner l'objet polyline et lui attribuer une épaisseur supérieure à $2 * R_{wire}$: **Modeler > Surface > Thicken Sheet**.



Définition du modèle géométrique

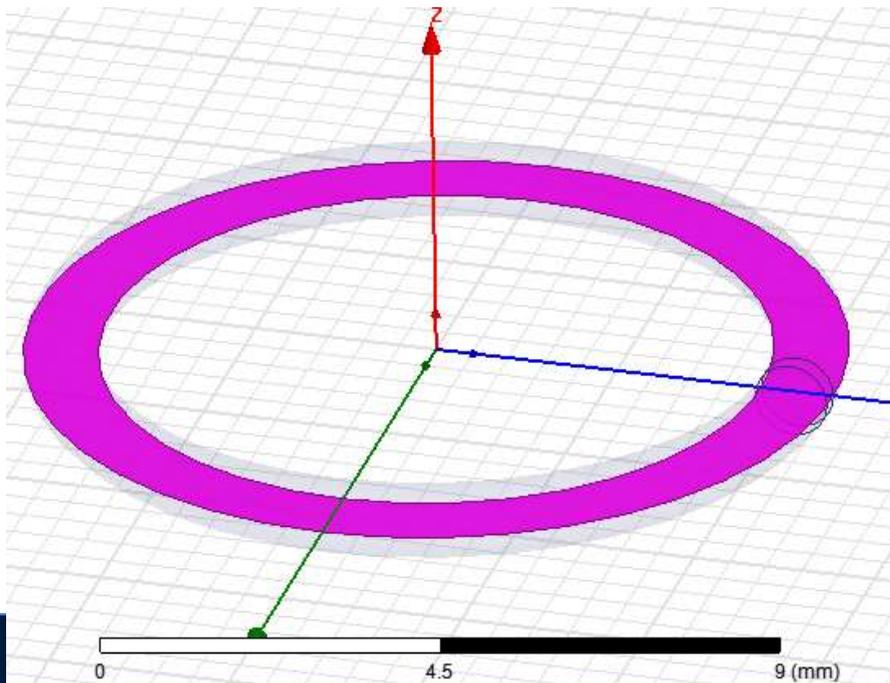
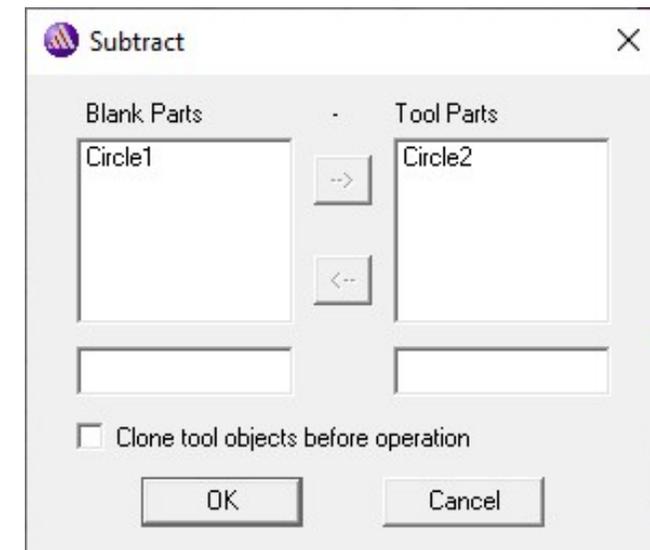
- > On sélectionne l'objet boucle et l'objet polyline.
- > **Modeler > Boolean > Subtract** → on supprime la portion de boucle délimitée par polyline.



Ouverture

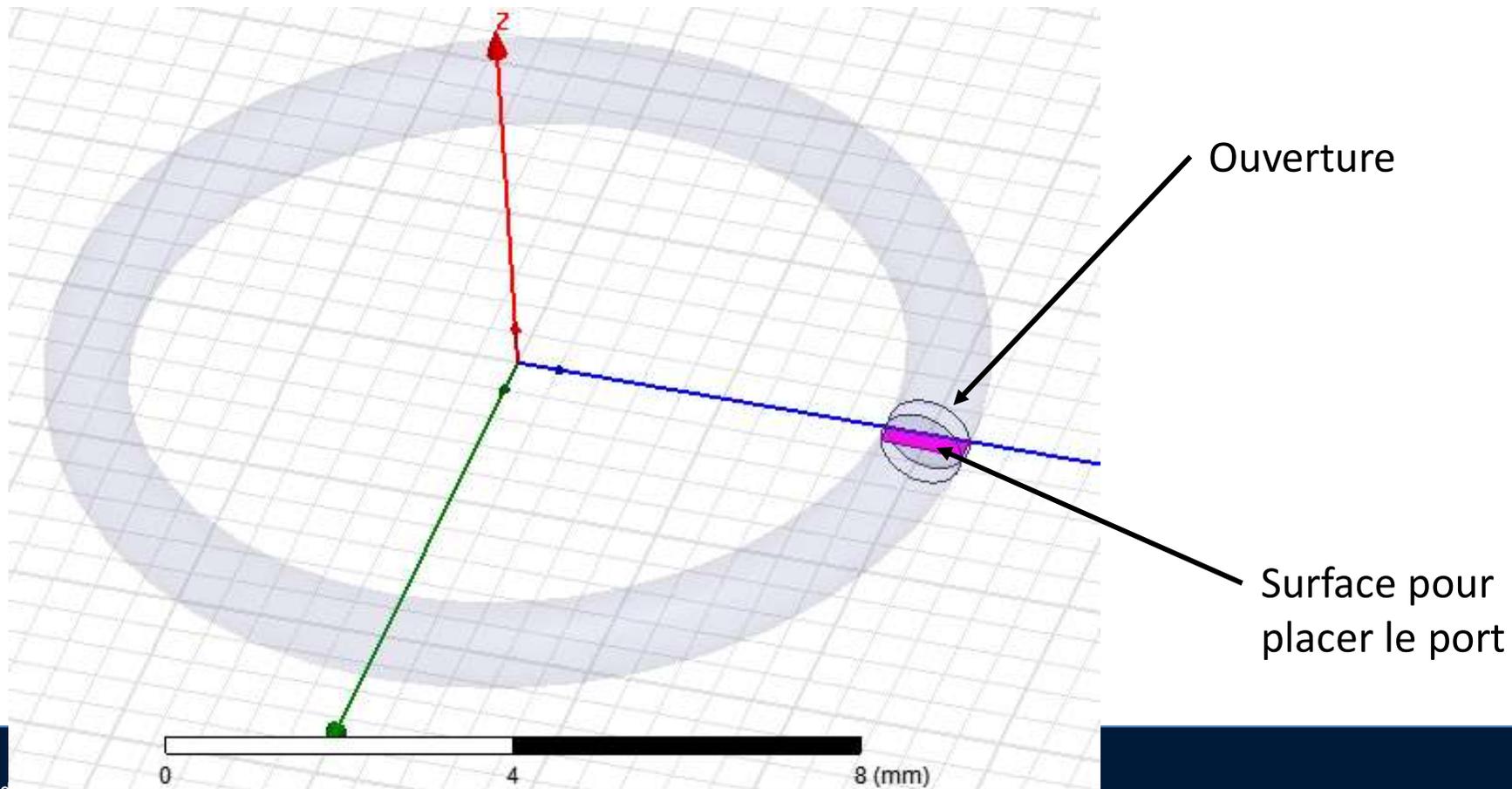
Définition du modèle géométrique

- > Pour placer le lumped port, on doit créer une surface placée à l'intérieur de l'ouverture.
- > Créer un cercle de rayon $R_{loop} + R_{wire}$ (**Draw Circle**), puis créer un second cercle de rayon $R_{loop} - R_{wire}$. Les 2 cercles sont centrées en (0,0,0).
- > Il est possible de copier/coller le premier cercle puis de modifier ses propriétés.
- > **Modeler > Boolean > Subtract** → on conserve un anneau, délimité par les 2 cercles.



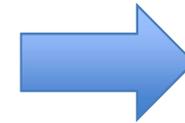
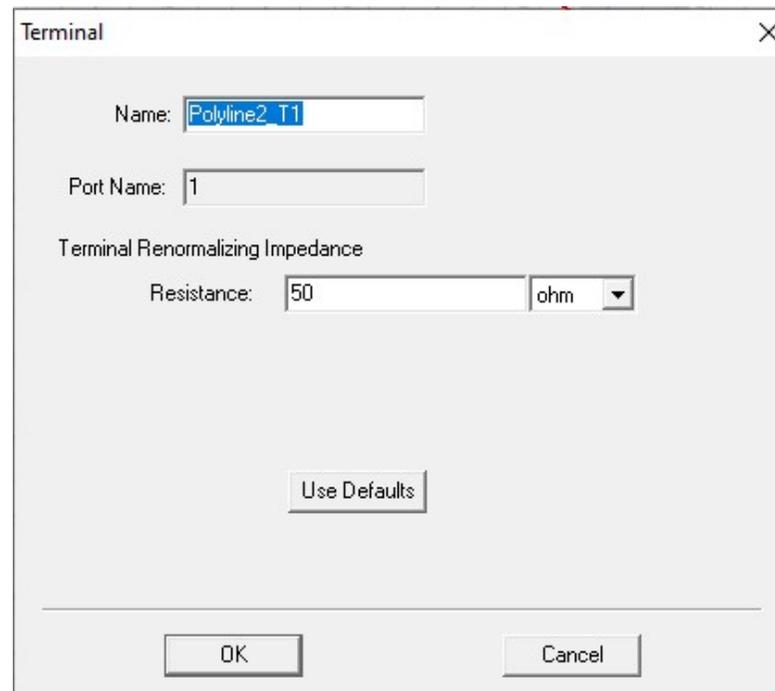
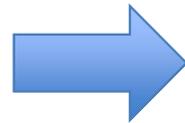
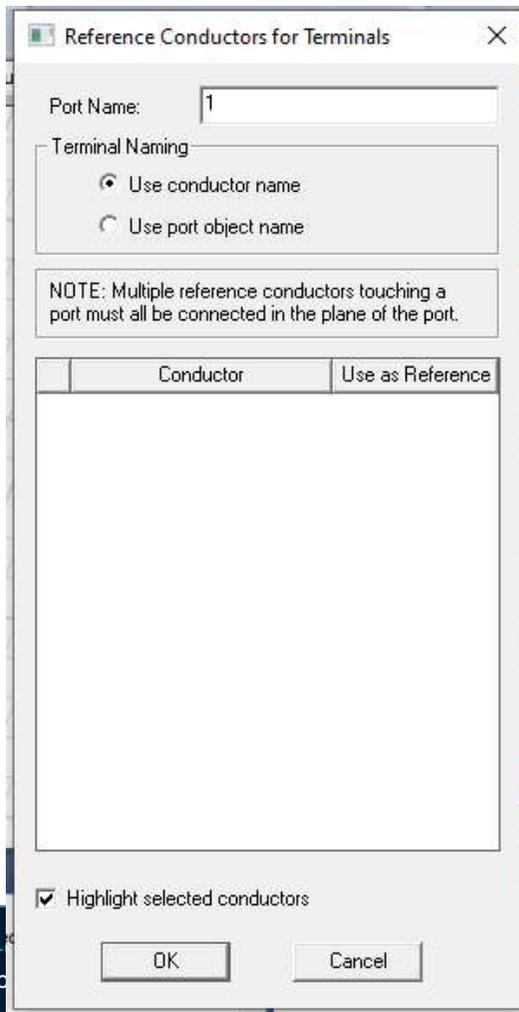
Définition du modèle géométrique

- > A l'intérieur de l'objet Loop, on récupère l'objet polyline et on le copie/colle.
- > On réalise l'intersection entre l'anneau précédent et l'objet polyline : **Modeler > Boolean > Intersect**



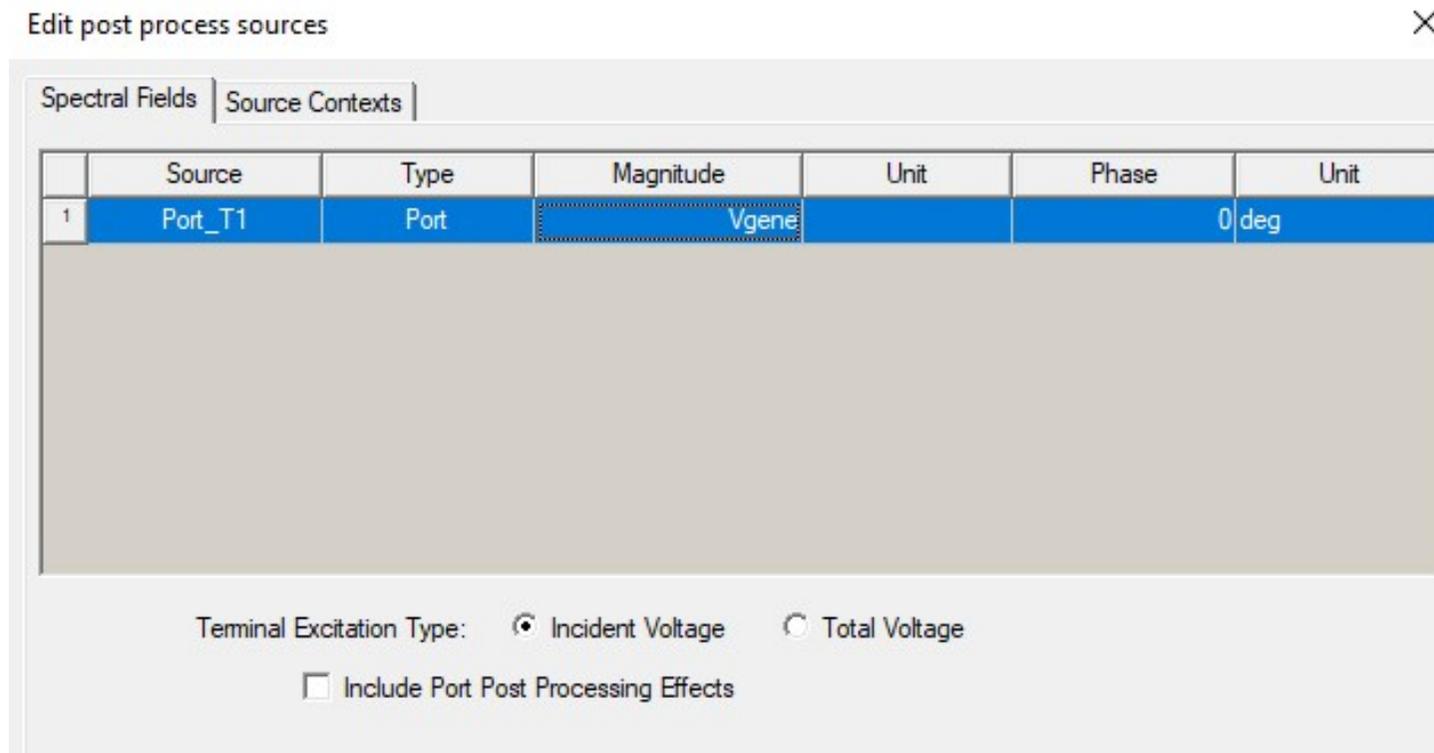
Création des excitations

- > Sélectionnez la surface à l'intérieur de l'ouverture (**Edit > Select > Faces**), clic droit : **Assign Excitation > Lumped port**
- > Attribuez numéro 1
- > Ajout d'un terminal : **HFSS > Assign Excitation > Terminal**



Création des excitations

- > Réglage de la tension du générateur de tension : **HFSS > Field > Edit Sources**
- > Vgene correspond à la tension aux bornes du générateur lorsqu'il est chargé par 50Ω , donc la tension interne est égale à $2xV_{gene}$.



Création des conditions aux limites

- > Tout l'espace autour du modèle est considéré par défaut comme du Perfect Electric Conductor (PEC) → il faut le changer si on veut créer un volume ouvert.
- > Définition de l'**Air Box**.
- > Dimensions recommandées : compromis entre précision et temps de calcul. Une distance d'au moins $\lambda/4$ entre le modèle et le bord rayonnant.
- > Dessin d'une boîte autour du design (**Drawing Plane** → **XY** et **Draw Box**)

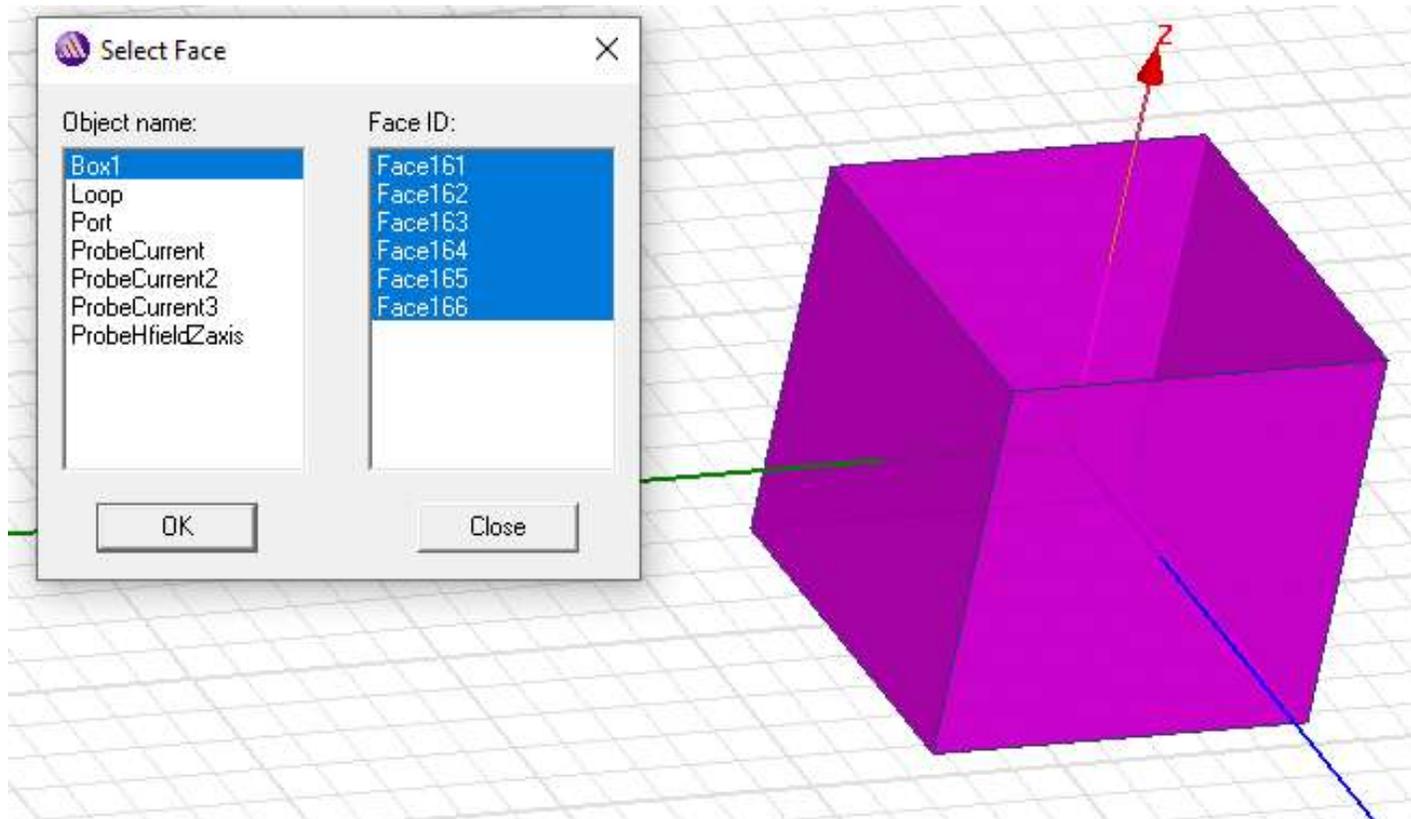
Properties: MagneticLoop1 - MagneticLoop - Modeler

Command

Name	Value	Unit	Evaluated Value	Description
Command	CreateBox			
Coordinate Sys...	Global			
Position	-Wairbox/2 , -Wairbox/2 , -Wairbox/2		-37.5mm , -37.5mm , -37.5mm	
XSize	Wairbox		75mm	
YSize	Wairbox		75mm	
ZSize	Wairbox		75mm	

Création des conditions aux limites

- > Création de limites de type « Radiation boundary » au-dessus du substrat → espace ouvert.
- > Sélection des faces par : **Edit > Select > By name** 



Création des conditions aux limites

> Clic droit > **Assign Boundary** > **Radiation**

Radiation Boundary ×

Name:

Radiating Only
 Incident Field
 Enforced E Field
 Enforced H Field

Model exterior as HFSS-IE domain
 Reference for FSS
 Include for near/far field calculation
(Not appropriate when source is on an internal surface)

Réglage des solutions

- > **Pour une analyse rapide (temps de simulation court, de l'ordre de 3 min) :**
- > **HFSS > Analysis setup > Add solution setup** : on définit la fréquence à laquelle la structure sera maillée et le processus de calcul adaptatif sera effectué (nom Setup1)

Driven Solution Setup

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

Setup Name:

Enabled Solve Ports Only

Solution Frequency: GHz

Adaptive Solutions

Maximum Number of Passes:

Maximum Delta S

Use Matrix Convergence

OK Annuler

Driven Solution Setup

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

Initial Mesh Options

Do Lambda Refinement

Lambda Target: Use Default Value

Use Free Space Lambda

Adaptive Options

Maximum Refinement Per Pass: %

Maximum Refinement:

Minimum Number of Passes:

Minimum Converged Passes:

Solution Options

Order of Basis Functions:

Direct Solver

Iterative Solver

Relative Residual:

Domain Decomposition

Relative Residual:

Réglage des solutions

- > **Pour une analyse plus fine (temps de simulation long, de l'ordre de 30 min.) :**
- > **HFSS > Analysis setup > Add solution setup** : on définit la fréquence à laquelle la structure sera maillée et le processus de calcul adaptatif sera effectué (nom Setup1)

Driven Solution Setup

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

Setup Name:

Enabled Solve Ports Only

Solution Frequency: GHz

Adaptive Solutions

Maximum Number of Passes:

Maximum Delta S

Use Matrix Convergence

OK Annuler

Driven Solution Setup

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

Initial Mesh Options

Do Lambda Refinement

Lambda Target: Use Default Value

Use Free Space Lambda

Adaptive Options

Maximum Refinement Per Pass: %

Maximum Refinement:

Minimum Number of Passes:

Minimum Converged Passes:

Solution Options

Order of Basis Functions:

Direct Solver

Iterative Solver

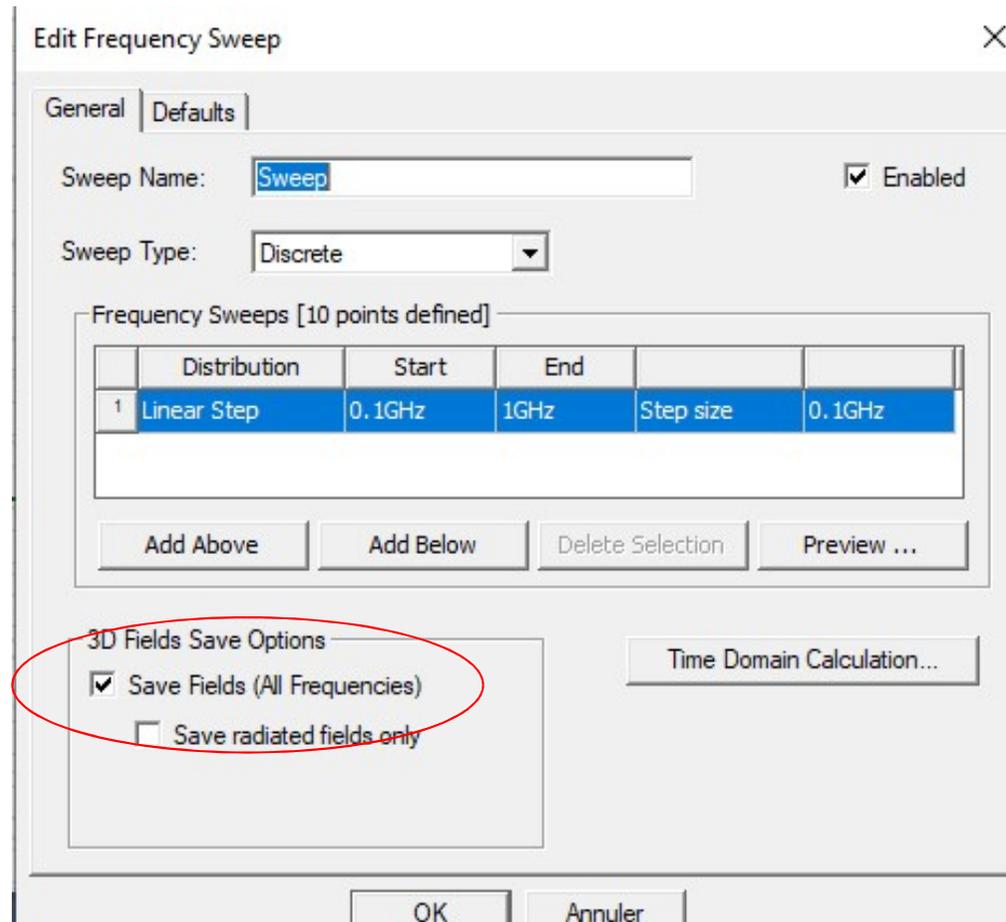
Relative Residual:

Domain Decomposition

Relative Residual:

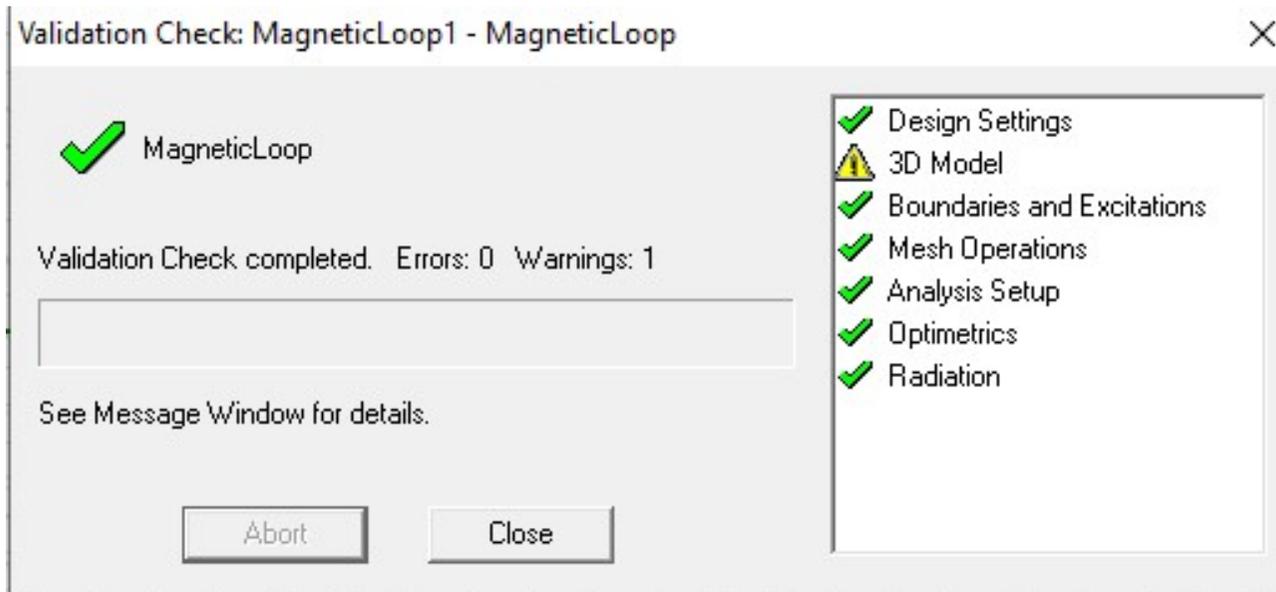
Réglage des solutions

- > **HFSS > Analysis setup > Add Frequency sweep**: on définit la plage de fréquence sur laquelle on calcule les solutions (le maillage n'est pas raffiné à ces fréquences)
- > On sélectionne Setup1.



Pour conserver les champs (E, H, J...) à l'intérieur du volume de calcul !!!

- > **HFSS > Validation check**  : vérification du modèle (géométrie, excitation, conditions aux limites) et de l'analyse.



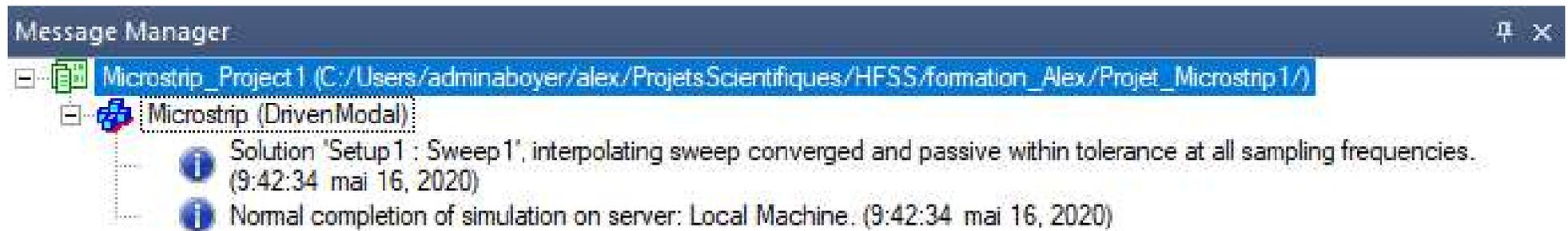
Warning : pour avertir que le calcul à l'intérieur des conducteur requiert un maillage fin !

Lancement de la simulation

> HFSS > Analyze All



- > Temps de calcul dépendant du nombre de mailles, du nombre de fréquence, du nombre de passes pour converger
- > Toujours commencer par un nombre réduit de fréquences et de passes pour évaluer le temps de calcul requis pour le modèle et la simulation finale
- > Avancement visible dans la fenêtre **Progress**.
- > Si la simulation se termine correctement :

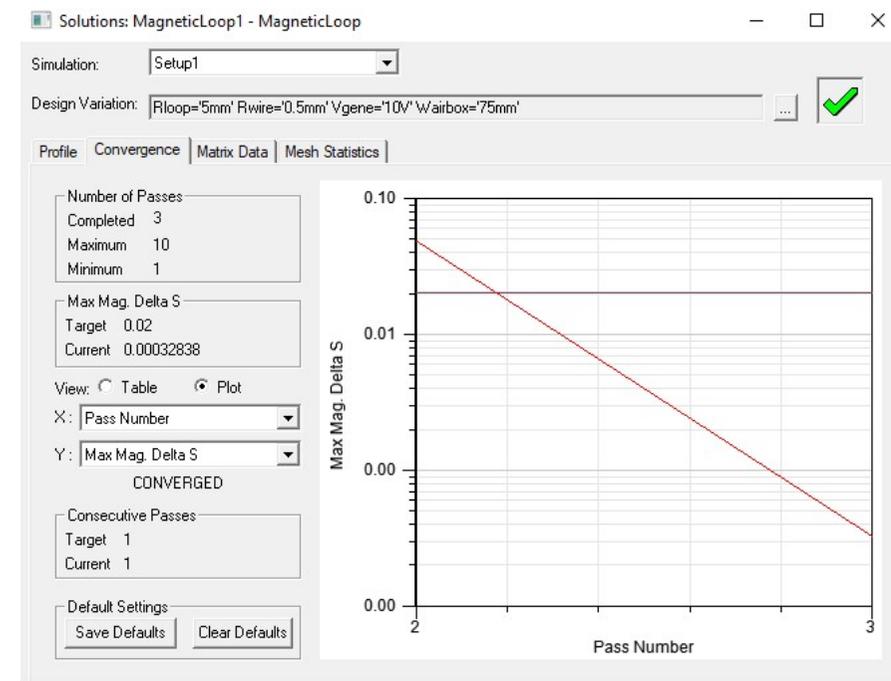


Analyse des résultats

- > HFSS > Results > Solution data 
- > Visualisation du temps de simulation, de la convergence, du maillage ...

Profile | Convergence | Matrix Data | Mesh Statistics

Task	Real Time	CPU Time	Memory	Information
Matrix Assembly	00:00:07	00:00:07	340 M	Disk = 0 KBytes, 78791 tetrahedra , 1: 22 triangles
Solver DCS1	00:03:13	00:03:12	4.13 G	Disk = 0 KBytes, matrix size 357831 , matrix bandwidth 2
Field Recovery	00:00:01	00:00:01	4.13 G	Disk = 648 KBytes, 1 excitations , Average Order 0.4881
Frequency: 0.1 GHz				Full Solution
Simulation Setup	00:00:04	00:00:04	133 M	Disk = 0 KBytes
Matrix Assembly	00:00:07	00:00:07	339 M	Disk = 0 KBytes, 78791 tetrahedra , 1: 22 triangles
Solver DCS1	00:03:01	00:03:01	4.13 G	Disk = 0 KBytes, matrix size 357831 , matrix bandwidth 2
Field Recovery	00:00:01	00:00:01	4.13 G	Disk = 648 KBytes, 1 excitations , Average Order 0.4881
Solution Process				Elapsed time : 00:31:41 , Hfss ComEngine Memory : 43 M
Total	00:31:01	00:31:00		Time: 05/21/2020 11:26:57, Status: Normal Completion



Profile | Convergence | Matrix Data | Mesh Statistics

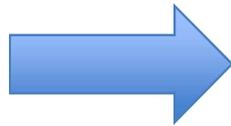
Total number of elements: 78791

	Num Tets...	Min edge len...	Max edge len...	RMS edge len...	Min tet vol...	Max tet vol...	Mean tet v...	Std Devn (v...
Box1	73320...	0.0975452...	7.39656	4.43936	3.5069e-00...	30.1108...	5.75356...	5.09937...
Loop	5471	0.159874	1.24356	0.706543	1.36895e-0...	0.0663678...	0.0044001...	0.00439159...

Calcul de l'inductance de la boucle

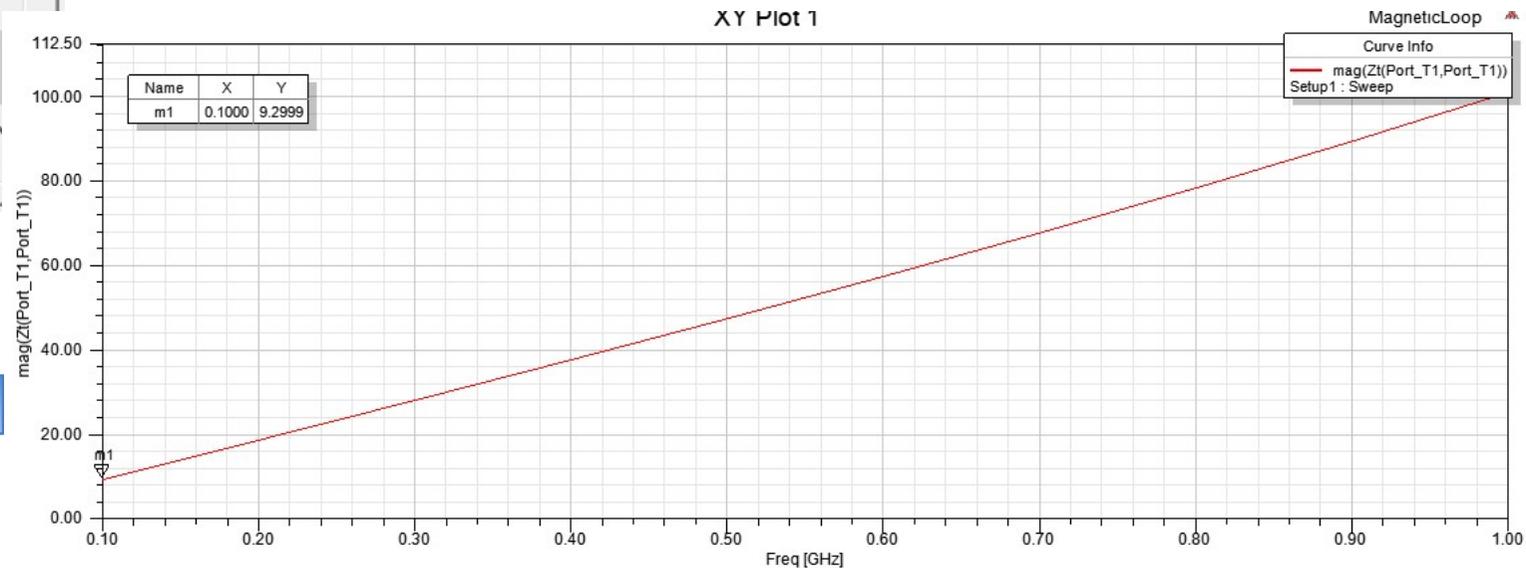
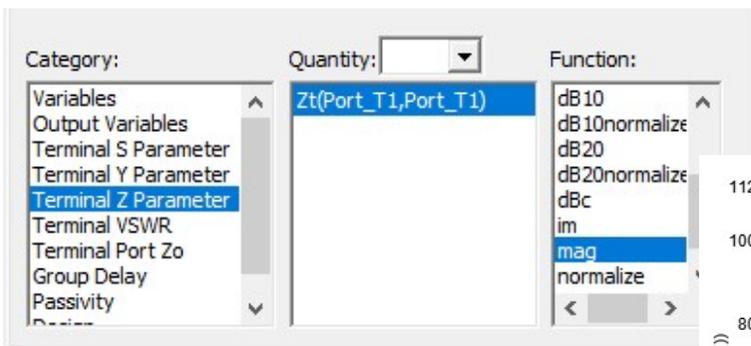
- > Théoriquement, l'inductance d'une boucle circulaire, de rayon R_l , formé d'un fil de rayon R_w est donnée par :

$$L = \mu_0 R_l \ln \left(\frac{8R_l}{R_w} - 2 \right)$$

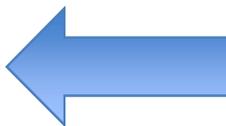


Dans notre cas : $L_{\text{théorique}} = 15 \text{ nH}$

- > HFSS > Results > Create Terminal Solution Data Report > Rectangular Plot → Z parameters



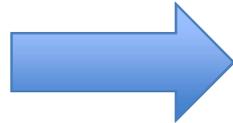
$L_{\text{simu}} = 14.8 \text{ nH}$



Calcul de la résistance de la boucle

- > Théoriquement, en basse fréquence (sans effet de peau) :

$$R_{DC} = \frac{1}{\sigma} \frac{2\pi R_l}{\pi R_w^2}$$



Dans note cas : $R_{DC} = 0.7 \text{ m}\Omega$

- > En prenant en compte l'effet de peau :

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\sigma \mu \pi f}}$$



A 100 MHz : $\delta = 6.6 \text{ }\mu\text{m}$

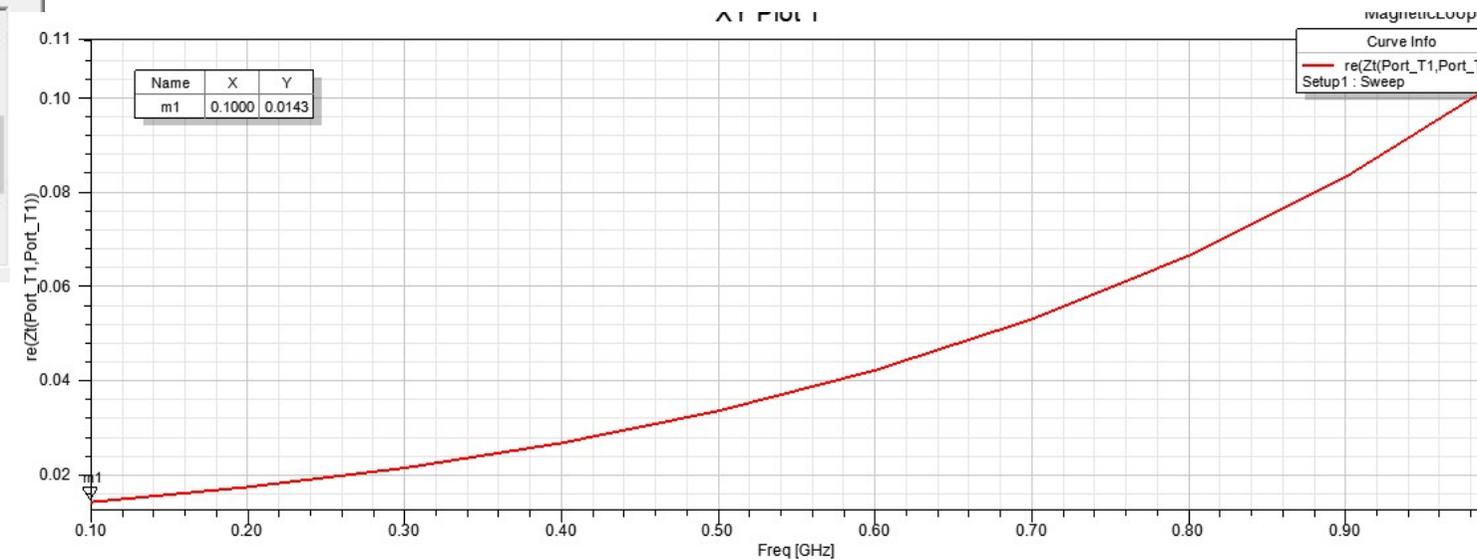
$$R_{AC} \approx \frac{1}{\sigma} \frac{2\pi R_l}{\pi (R_w^2 - (R_w - \delta)^2)}$$



A 100 MHz : $R_{AC} = 26 \text{ m}\Omega$

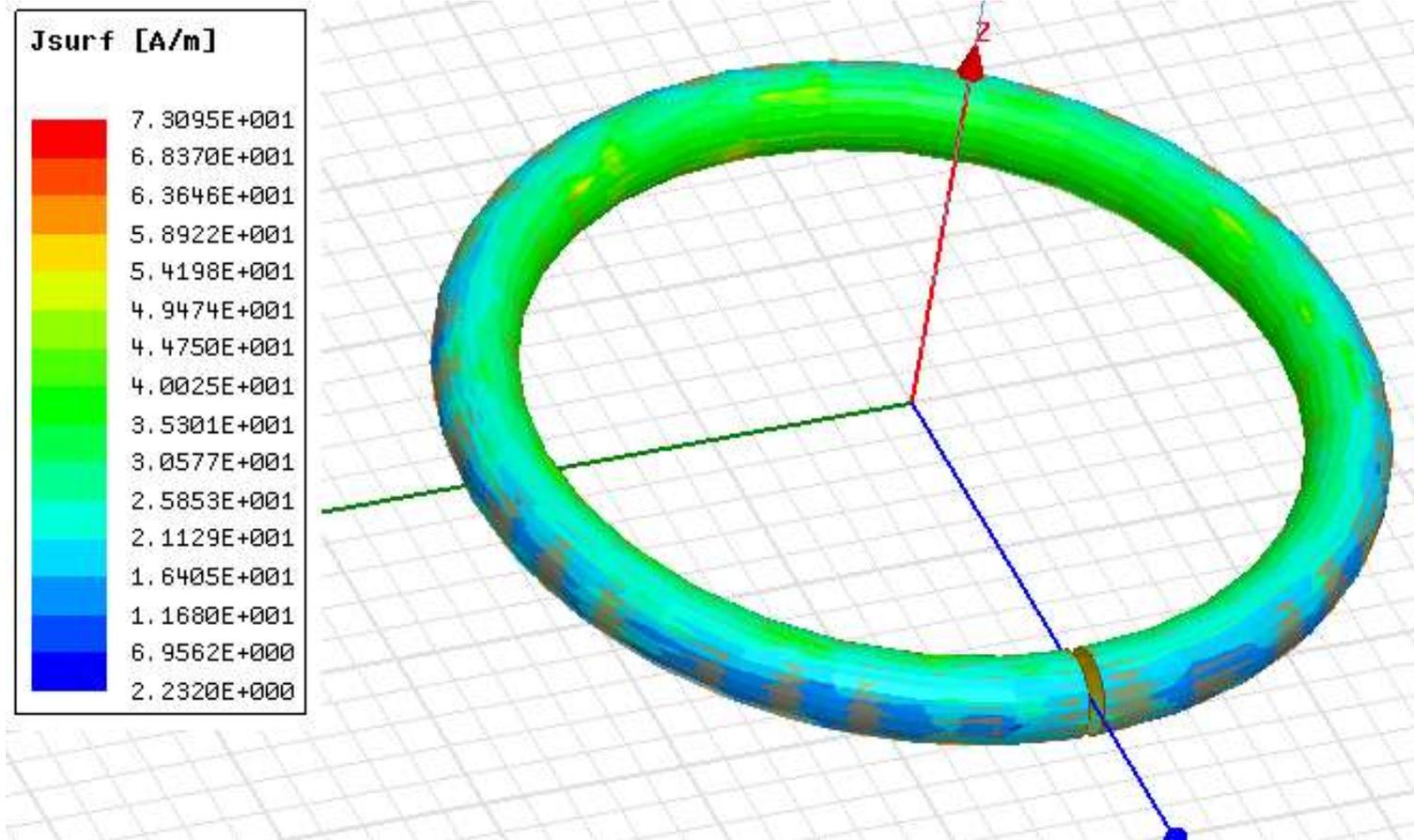
Category: Quantity: Function:

Variables	Zt(Port_T1,Port_T1)	dB10normalize
Output Variables		dB20
Terminal S Parameter		dB20normalize
Terminal Y Parameter		dBc
Terminal Z Parameter		im
Terminal VSWR		mag
Terminal Port Zo		normalize
Group Delay		re
Passivity		



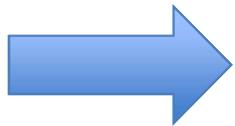
Calcul du courant dans la boucle

- > Tracé du courant surfacique : **HFSS > Fields > Plot Field > J > Mag_Jsurf**
- > L'effet de proximité sur la distribution de la densité de courant est clairement visible.



Calcul du courant dans la boucle

> Théoriquement :

$$I(\omega) = \frac{V_{gene}}{R_{gene} + jL_{boucle}\omega}$$


A 100 MHz : $|I| = 393$ mA
A 1000 MHz : $|I| = 188$ mA

> Deux méthodes pour mesurer le courant sur le modèle :

- On mesure la densité de courant traversant la section du conducteur

$$I = \iint_{S_e} \vec{J}_{vol} \cdot \vec{dS}$$

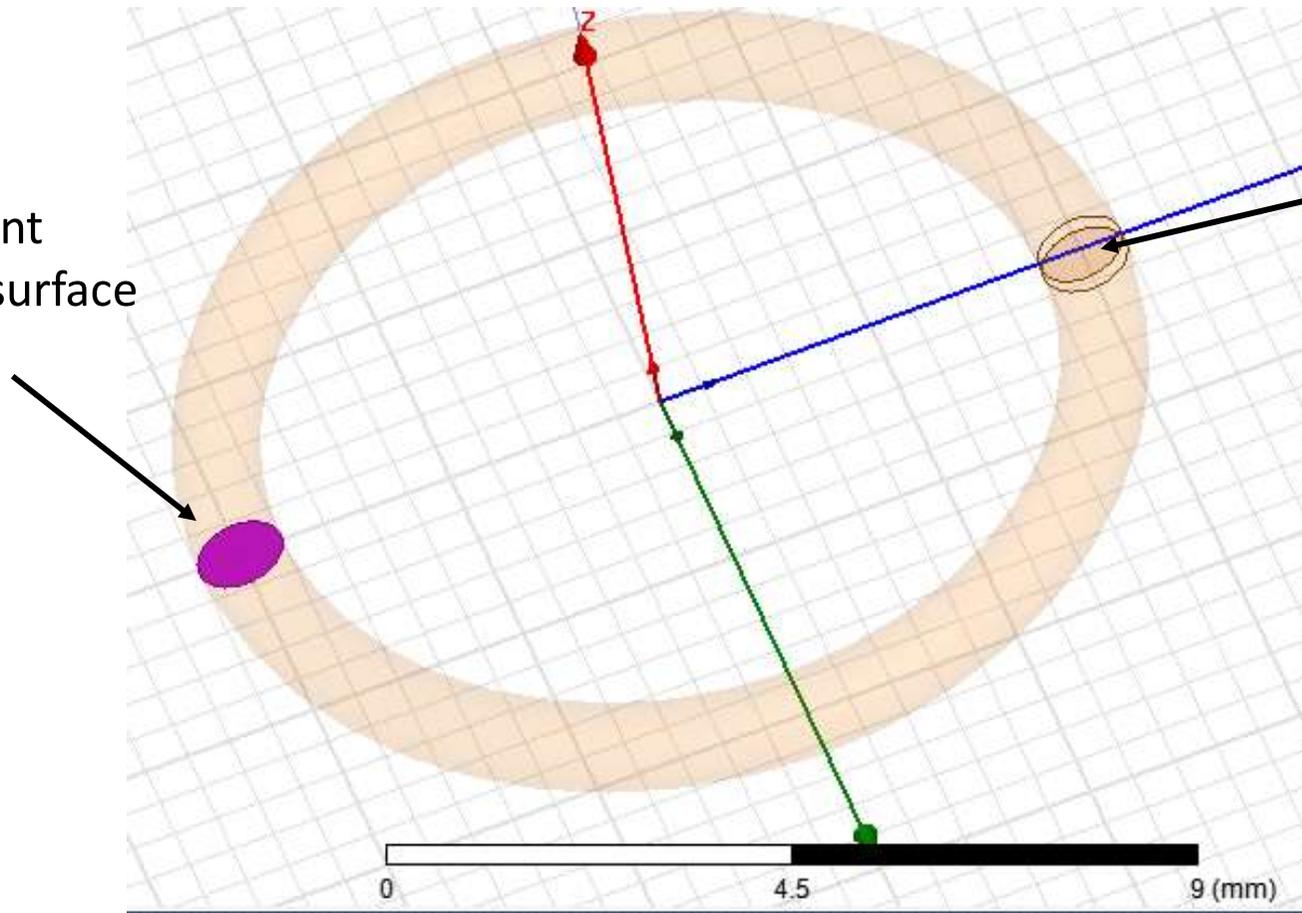
- On mesure le champ magnétique le long d'un contour C fermé placé autour du conducteur

$$I = \int_C \vec{H} \cdot \vec{dl}$$

Calcul du courant dans la boucle

- > Méthode 1 : intégration du courant à travers la section du conducteur
- > On crée une surface à l'intérieur du conducteur (**Draw Circle**)

Mesure du courant
traversant cette surface
(ProbeCurrent)



Ouverture

Calcul du courant dans la boucle

- > Calculatrice de champ : **HFSS > Fields > Calculator**
- > Opération (attention, il faut faire l'intégration sur la partie réelle puis sur la partie imaginaire) :
 - Quantity > Jvol
 - Complex > Real
 - Geometry > Surface > ProbeCurrent
 - Normal
 - \int
 - Complex > CmplxReal
 - Quantity > Jvol
 - Complex > Imag
 - Geometry > Surface > Probe Current
 - Normal
 - \int
 - Complex > CmplxImag
 - +
 - Add → enregistré sous LoopCurrent

The screenshot shows the 'Fields Calculator' window in HFSS. The 'Named Expressions' list contains:

Name	Expression
Surface_Force_Density	<SurfaceForcel
LoopCurrent2	+(CmplxR(Integ
LoopCurrent3	+(CmplxR(Integ
Hmod	CmplxMag(<Hx

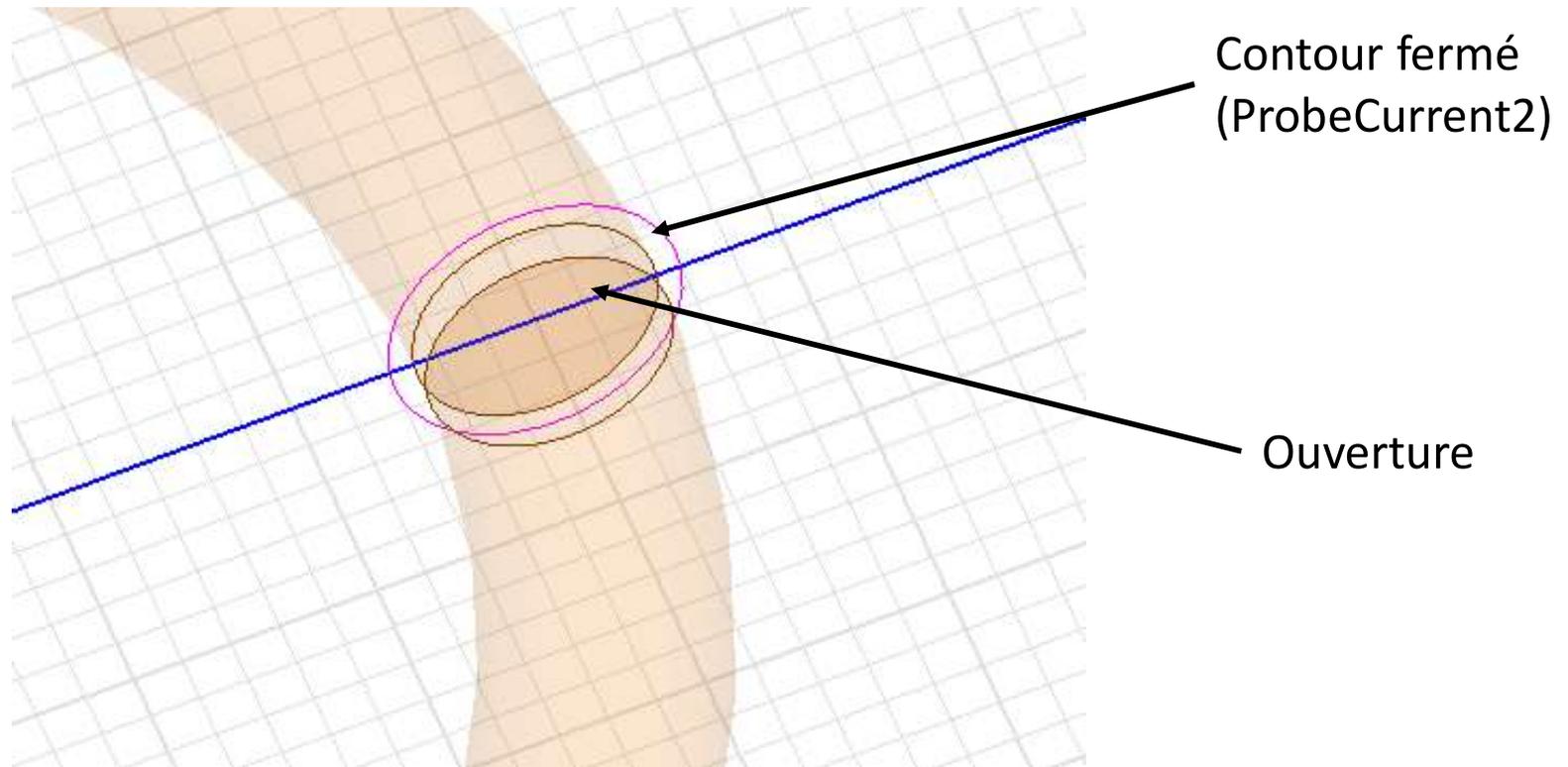
The 'Context' is 'MagneticLoop'. The 'Solution' is 'Setup1 : LastAdaptive'. The 'Field Type' is 'Fields'. The 'Freq' is '1GHz' and the 'Phase' is '0deg'. The main expression area contains:

```
CSc : +(CmplxR(Integrate(Surface(ProbeCurrent), Dot(Real(<JVx,JVy,JVz>), SurfaceNormal))), CmplxI(Integrate(Surface(ProbeCurrent), Dot(Imag(<JVx,JVy,JVz>), SurfaceNormal))))
```

The calculator interface includes various operation buttons such as Push, Pop, RIUp, RIDn, Exch, Clear, Undo, and a grid of mathematical functions categorized by Input, General, Scalar, Vector, and Output.

Calcul du courant dans la boucle

- > Méthode 2 : intégration du champ magnétique sur un contour fermé autour du conducteur
- > Au préalable, décocher l'option « **Automatically cover closed polylines** » dans **Tools > Options > 3D Modeler Options**
- > Dessiner un cercle autour du conducteur quelque part sur la boucle. Celui-ci doit entourer complètement le conducteur, mais ne doit pas être trop large.



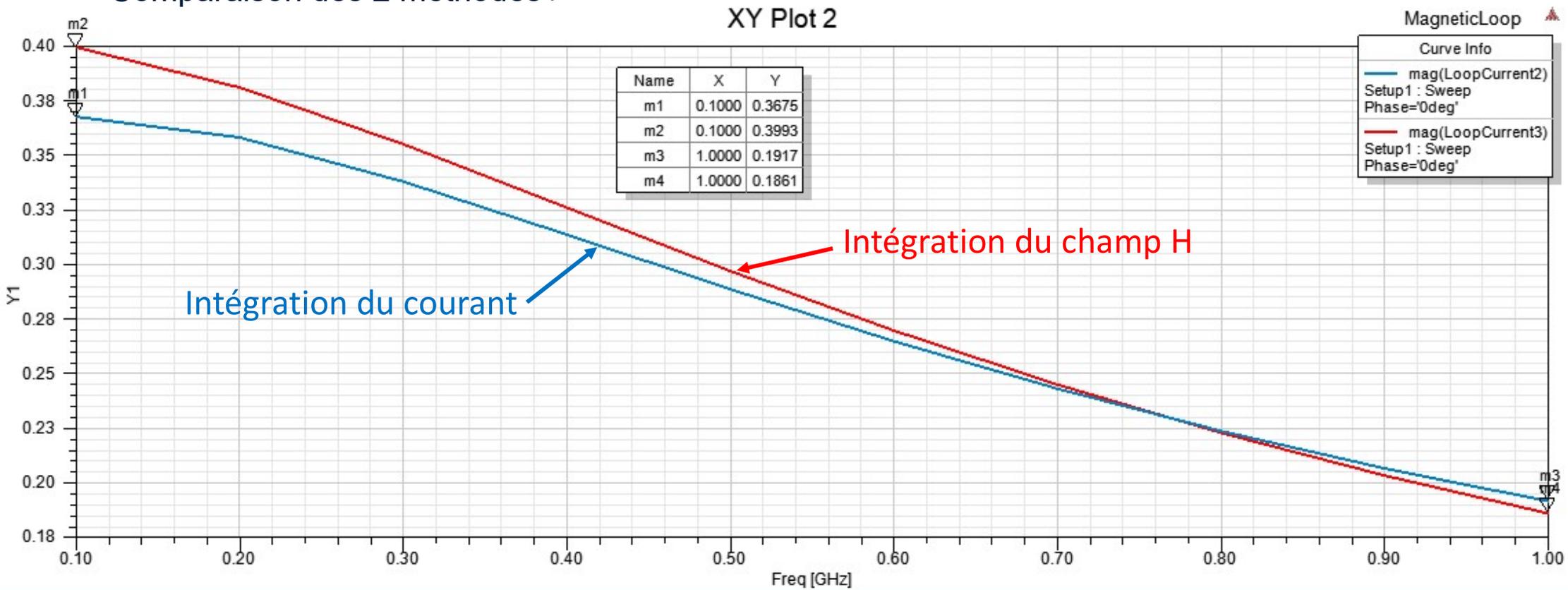
Calcul du courant dans la boucle

- > Calculatrice de champ : **HFSS > Fields > Calculator**
- > Opération (attention, il faut faire l'intégration sur la partie réelle puis sur la partie imaginaire) :

- Quantity > H
- Complex > Real
- Geometry > Line > ProbeCurrent2
- Tangent
- \int
- Complex > CmplxReal
- Quantity > H
- Complex > Imag
- Geometry > Line > ProbeCurrent2
- Tangent
- \int
- Complex > CmplxImag
- +
- Add → enregistré sous LoopCurrent2

Calcul du courant dans la boucle

> Comparaison des 2 méthodes :



> Remarque : avec le maillage par défaut, à 100 MHz, le courant estimé par la première méthode est de 520 mA, et de 391 mA avec la seconde méthode. La première méthode est sensible à la qualité du maillage à l'intérieur du conducteur !

Calcul du champ magnétique

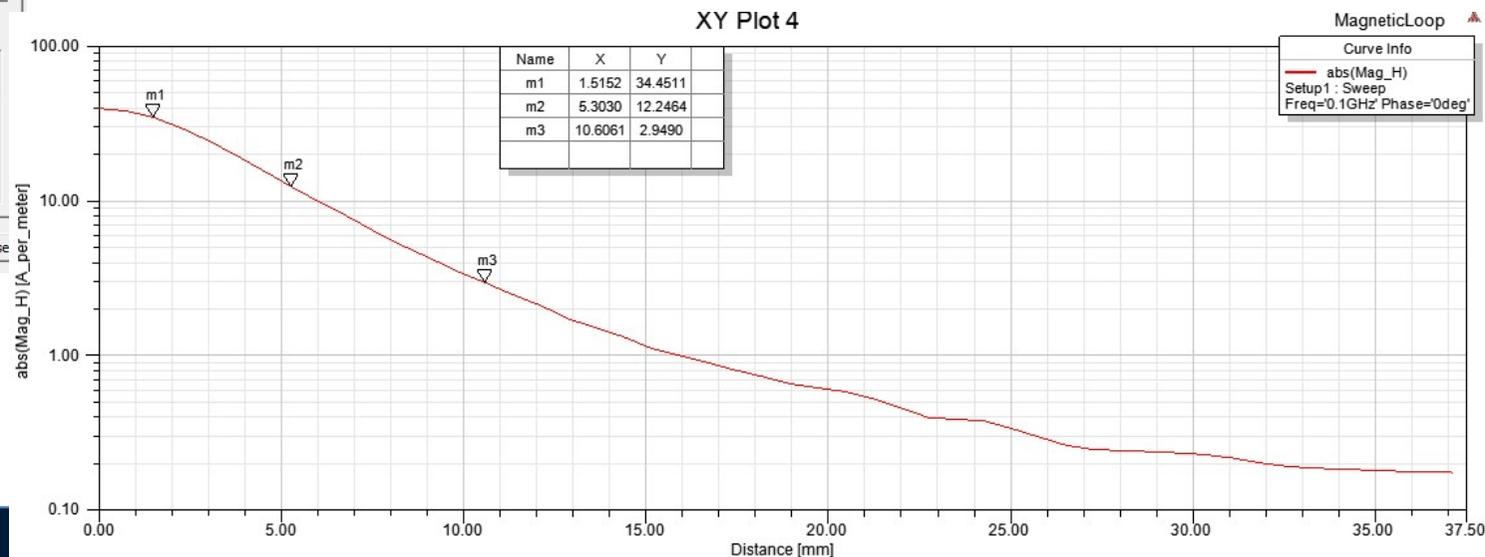
- > Théoriquement, dans l'axe Z de la boucle, en supposant que le courant est uniforme le long de la boucle, le champ magnétique est donné par :

$$H(z) = \frac{I(\omega)}{2} \frac{R_l^2}{(z^2 + R_l^2)^{3/2}}$$



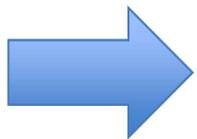
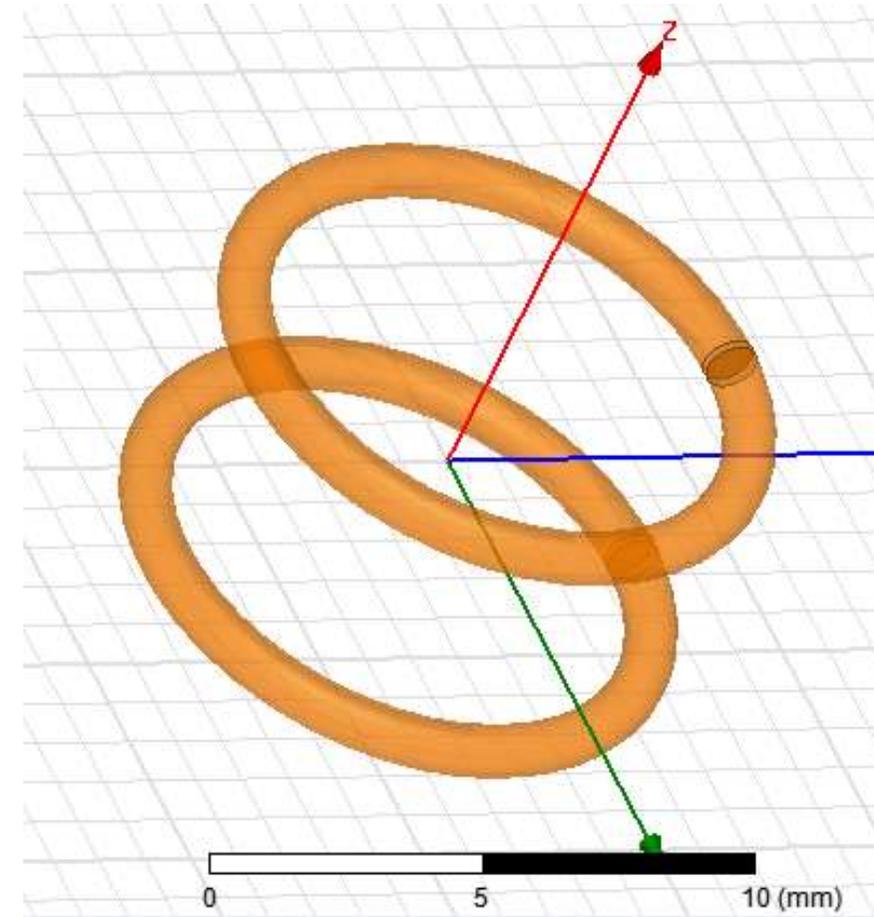
A z= 1.5 mm: |H| = 34.5 A/m
A z= 5 mm: |H| = 12.7 A/m
A z = 10 mm : |H| = 3.05 A/m

- > On trace une ligne normale à la boucle partant du centre (ProbeHFieldZaxis)
- > **HFSS > Results > Create Field Report > Rectangular Plot**



Couplage entre deux boucles

- > Sauvegarder le projet sous MagneticLoop2. Supprimez tous les graphes de résultat.
- > Créer une nouvelle variable : Sep = 5 mm.
- > Changer le nom de la boucle → LoopEmetteur
- > Copier la boucle existante, la coller et la renommer LoopRecepteur.
- > Translation de $Z = -\text{Sep}/2$ de la boucle LoopEmetteur (**Edit > Arrange Move**)
- > Translation de $Z = \text{Sep}/2$ de la boucle LoopRecepteur (**Edit > Arrange Move**)
- > Même chose pour le port de la boucle LoopEmetteur, que l'on renomme PortEmetteur.
- > Copier ce port et le renommer PortRecepteur.



On va calculer le couplage entre ces deux bobines.

Réglage des solutions

- > On peut réduire la taille du volume airbox (on réduira ainsi le temps de calcul)
- > Setup1 → on revient sur le setup par défaut (ordre des fonctions de base = 1 avec lambda target = 0.333)
- > Sweep par interpolation entre 0 et 2 GHz, avec balayage log.
- > On décoche les options solve inside dans les 2 boucles.

- > On lance la simulation.

Edit Frequency Sweep

General | Interpolation | Defaults

Sweep Name: Enabled

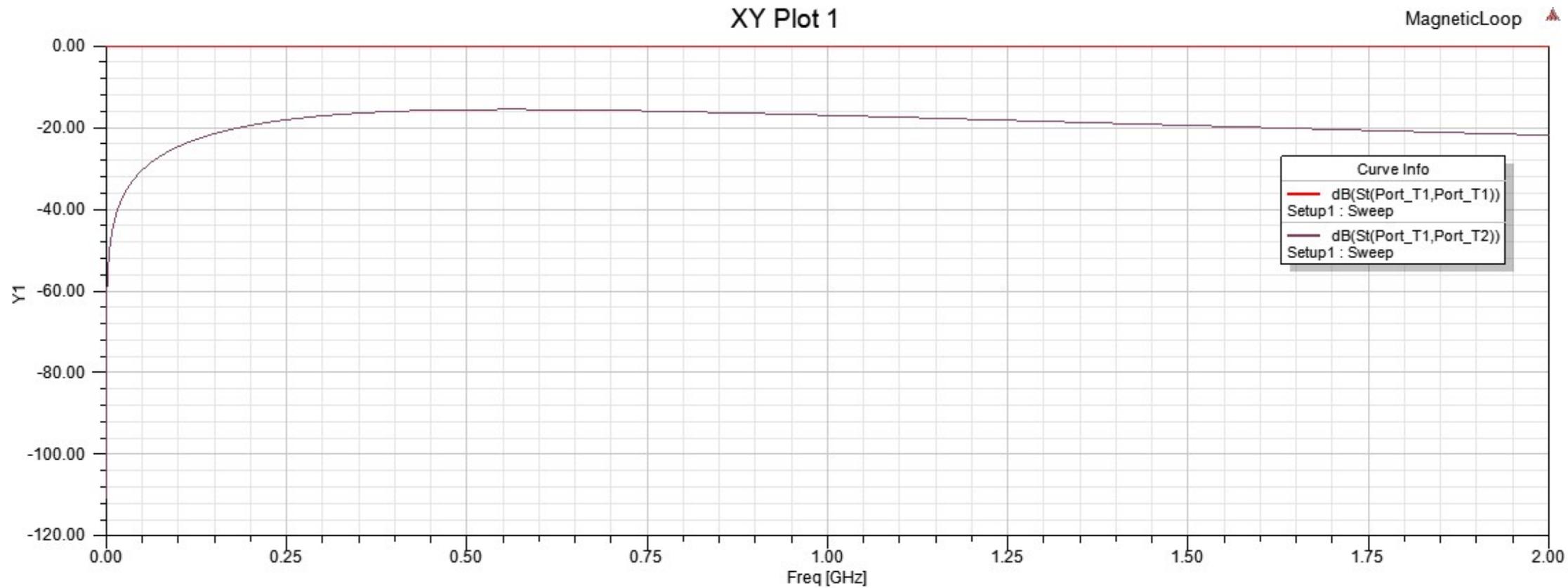
Sweep Type:

Frequency Sweeps [241 points defined]

	Distribution	Start	End		
1	Log Scale	0GHz	2GHz	Samples	20

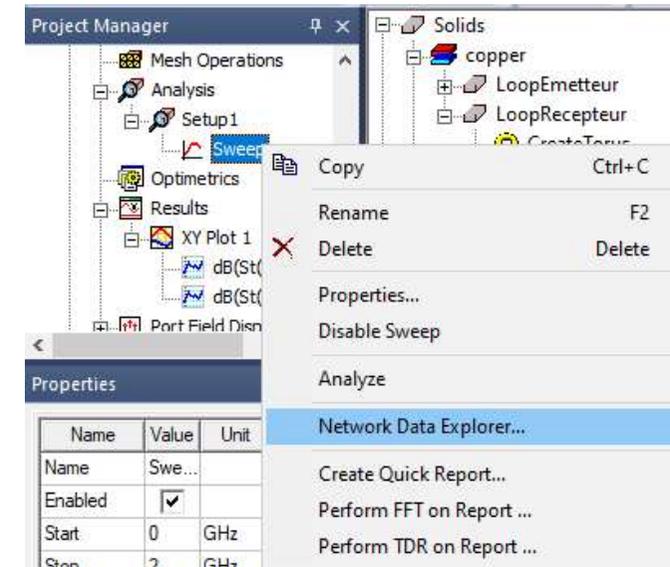
Résultat paramètres S

> HFSS > Results > Create Terminal Solution Data Report > Rectangular plot

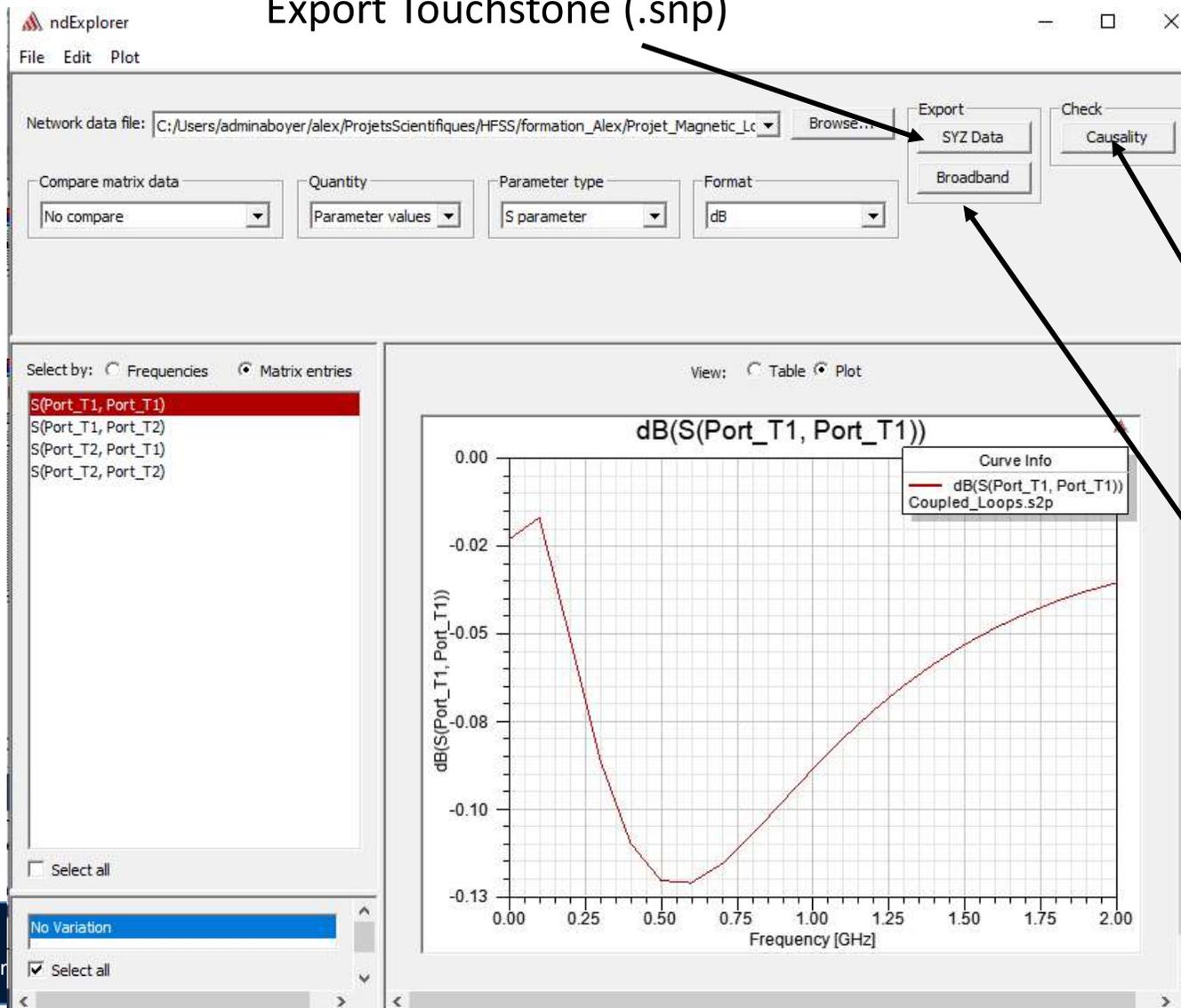


Export fichier Touchstone

- > Clic droit sur Sweep dans le Project Manager > **Network Data Explorer**



Export Touchstone (.snp)

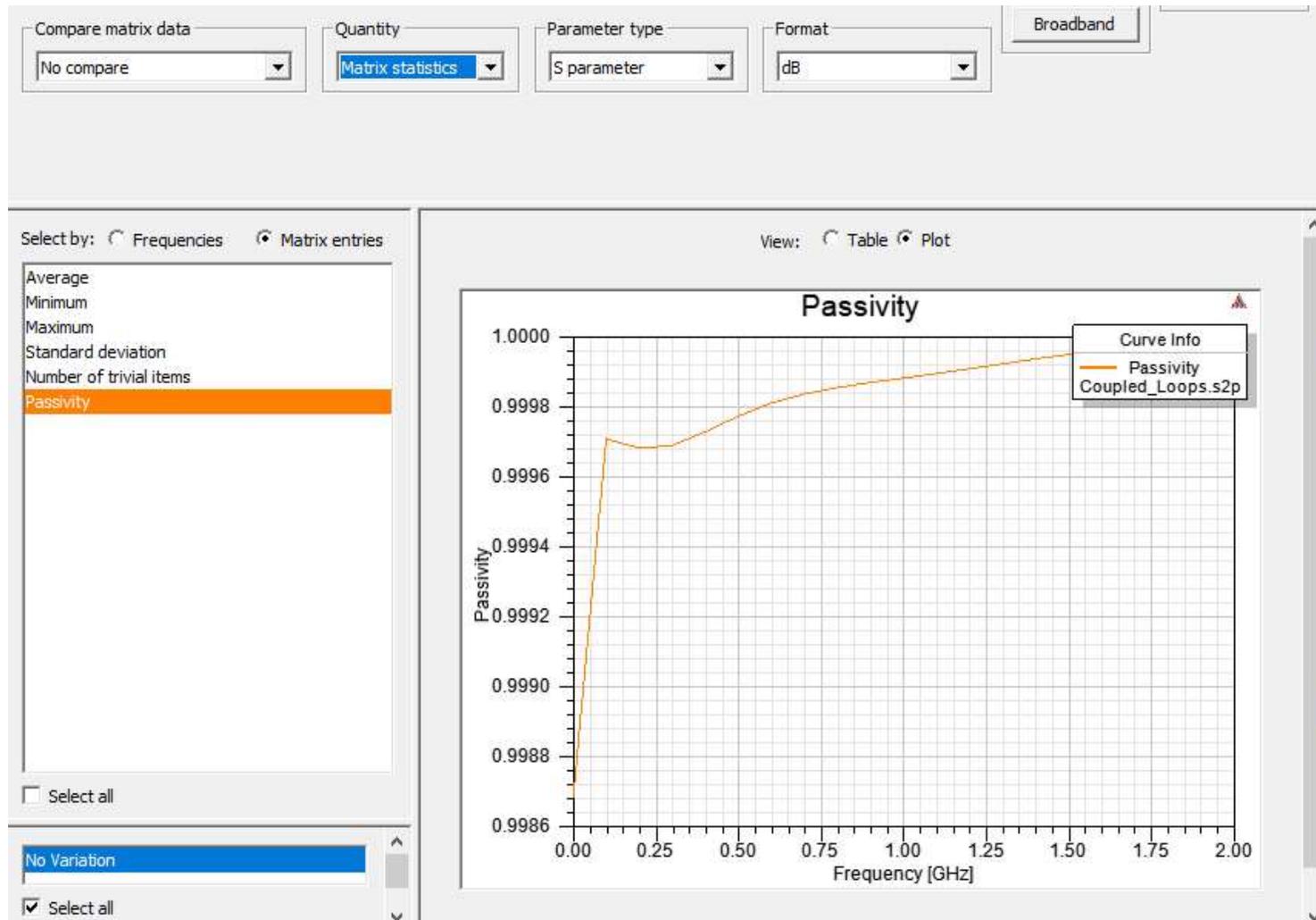


Test causalité

Export SPICE subcircuit
(HSPICE, Spectre, PSPICE)

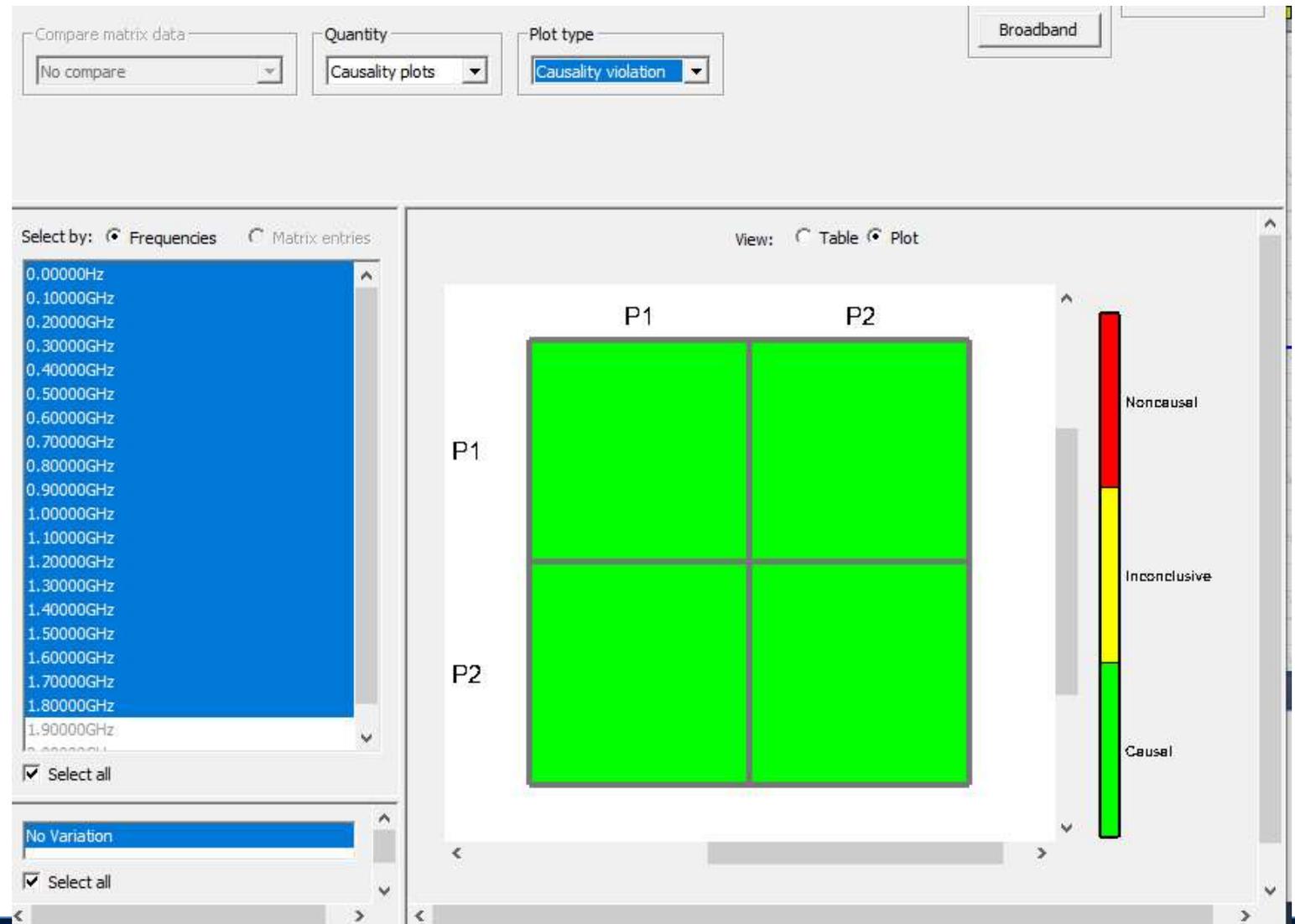
Export fichier Touchstone

- > Analyse paramètres S
- > **Quantity > Matrix Statistics > Passivity (doit être < 1)**



Export fichier Touchstone

- > Analyse paramètres S
- > **Check > Causality**



> Bouton **SYZ Data**

Specify Export Options

Select Data

S Matrix
 Y Matrix
 Z Matrix

Select formatting

Display format: Magnitude/Phase(deg)

Number of digits precision: 6

Override solution renormalization
 Impedance: 50 Ohms

Include Gamma and Impedance comments

OK Cancel

Export sous-circuit SPICE

> Bouton **Broadband**

Broadband Export Options ✕

File name:

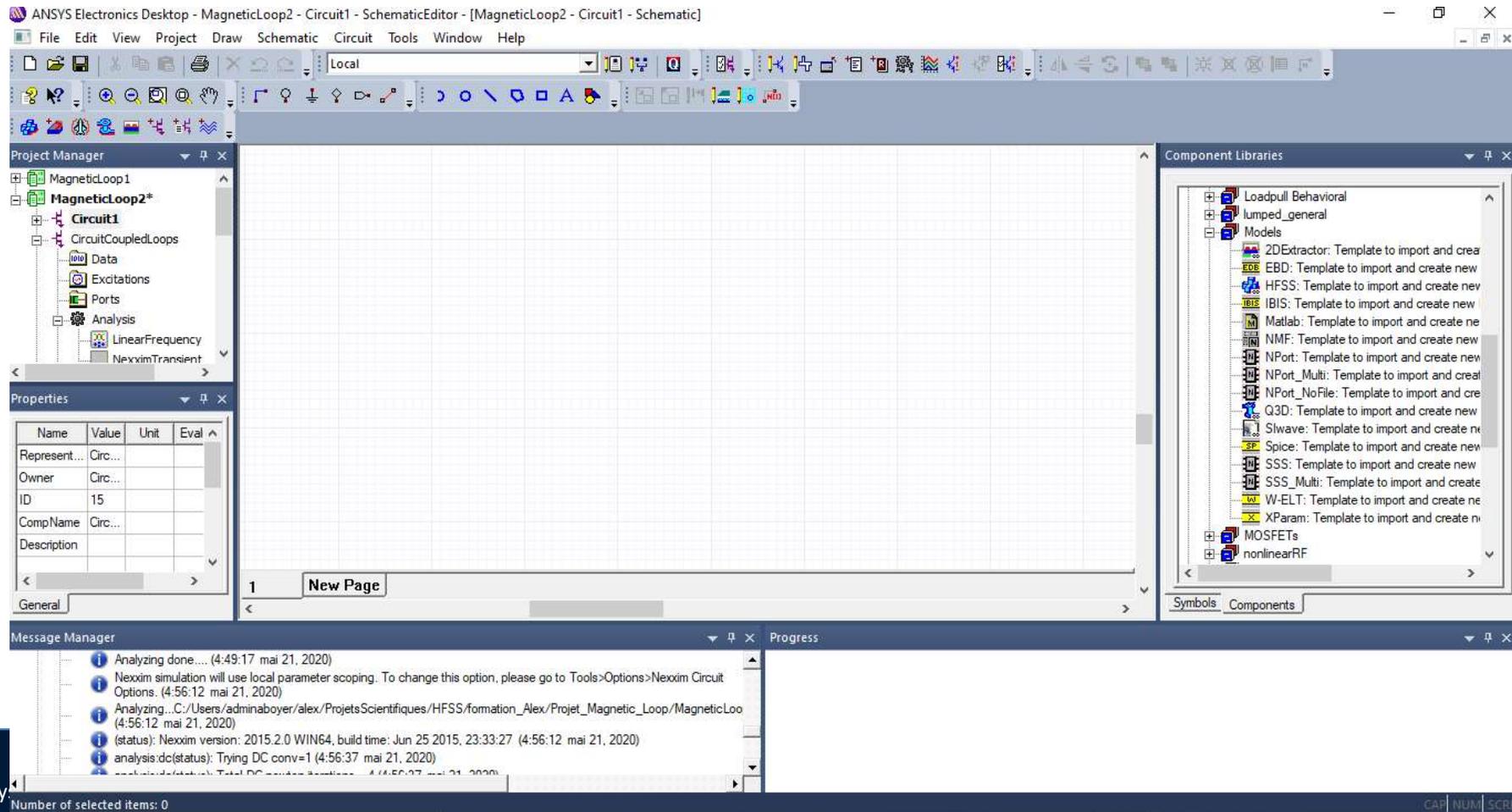
Full wave spice format

HSPICE
 Nexxim State Space
 Touchstone 1.0
 PSPICE
 Simplorer
 Touchstone 2.0
 Spectre

Compare fit
 Use common ground
 Enforce model passivity
 Renormalize ohms

Simulation sous Nexxim circuit simulator

- > Bouton **Insert Circuit Design** 
- > On l'enregistre sous CircuitCoupledLoops.
- > **View > Component Libraries** pour afficher le volet des librairies de composants (à droite de l'écran)
- > Sélectionner la catégories et « drag and drop » le composant à placer.



ANSYS Electronics Desktop - MagneticLoop2 - Circuit1 - SchematicEditor - [MagneticLoop2 - Circuit1 - Schematic]

File Edit View Project Draw Schematic Circuit Tools Window Help

Local

Project Manager

- MagneticLoop1
- MagneticLoop2*
 - Circuit1
 - CircuitCoupledLoops
 - Data
 - Excitations
 - Ports
 - Analysis
 - LinearFrequency
 - NexximTransient

Properties

Name	Value	Unit	Eval
Represent...	Circ...		
Owner	Circ...		
ID	15		
CompName	Circ...		
Description			

Component Libraries

- Loadpull Behavioral
- lumped_general
- Models
 - 2DExtractor: Template to import and crea
 - EBD: Template to import and create new
 - HFSS: Template to import and create nev
 - IBIS: Template to import and create new
 - Matlab: Template to import and create ne
 - NMF: Template to import and create new
 - NPort: Template to import and create new
 - NPort_Multi: Template to import and creat
 - NPort_NoFile: Template to import and cre
 - Q3D: Template to import and create new
 - Slwave: Template to import and create ne
 - Spice: Template to import and create new
 - SSS: Template to import and create new
 - SSS_Multi: Template to import and create
 - W-ELT: Template to import and create ne
 - XParam: Template to import and create n
- MOSFETs
- nonlinearRF

Message Manager

Progress

Number of selected items: 0

Simulation sous Nexxim circuit simulator

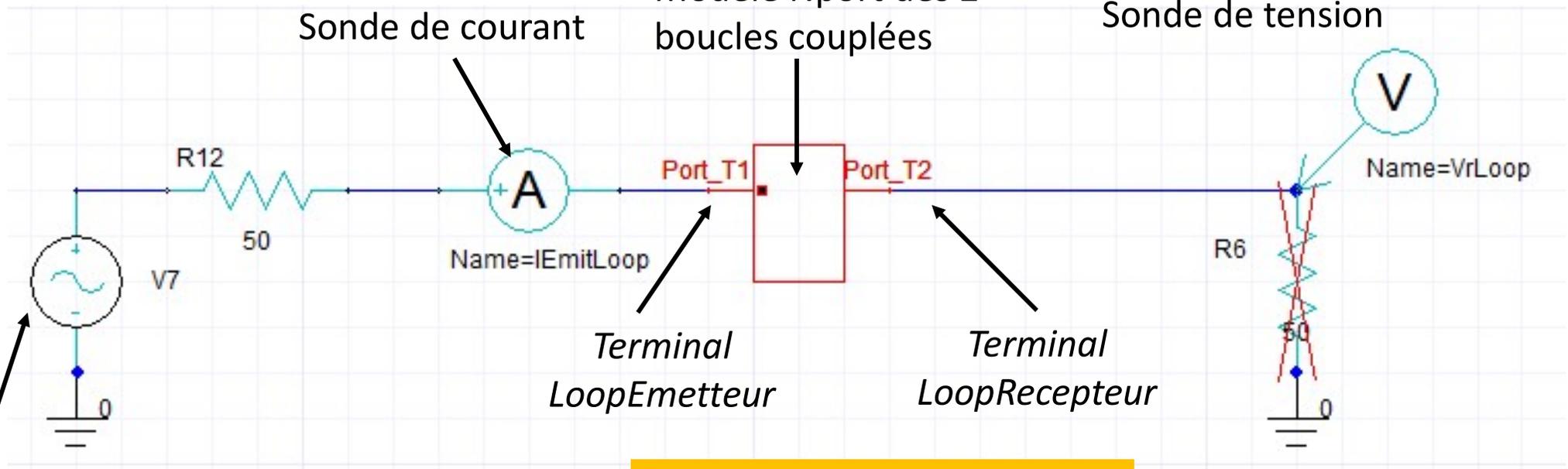
- > Set-up pour extraire l'inductance mutuelle (une alternative est de simuler directement le paramètre Z12)
- > On ajoute un composant **N ports**, qui va contenir le fichier .s2p décrivant le couplage entre les 2 boucles, précédemment généré.



Modèle Nport des 2 boucles couplées

Sonde de courant

Sonde de tension

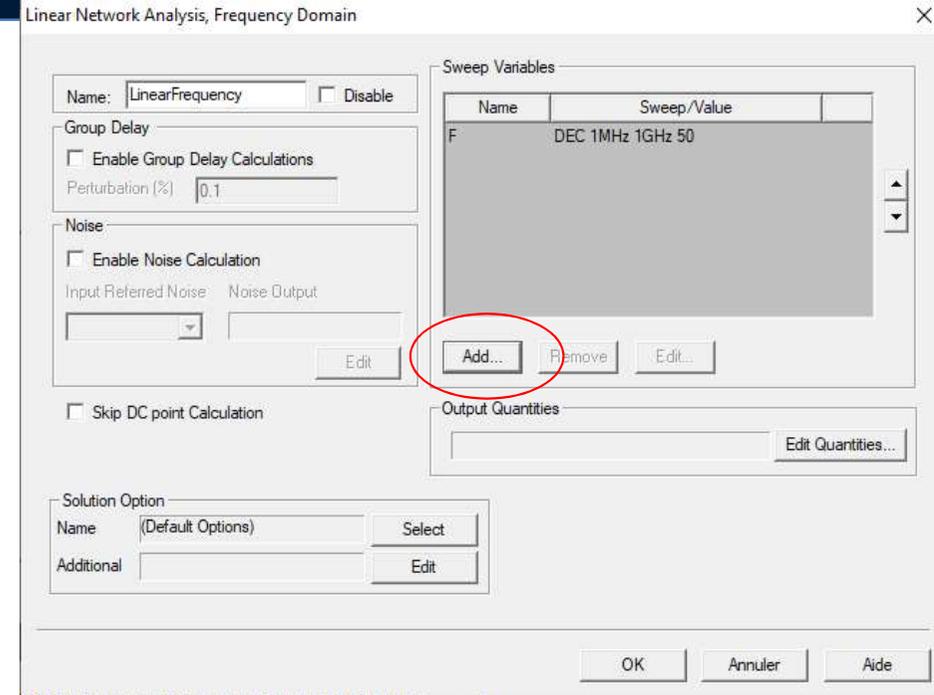


Source AC (1 V)

$$Z_{12} = \frac{V_{rLoop}}{I_{EmitLoop}} = jM\omega$$

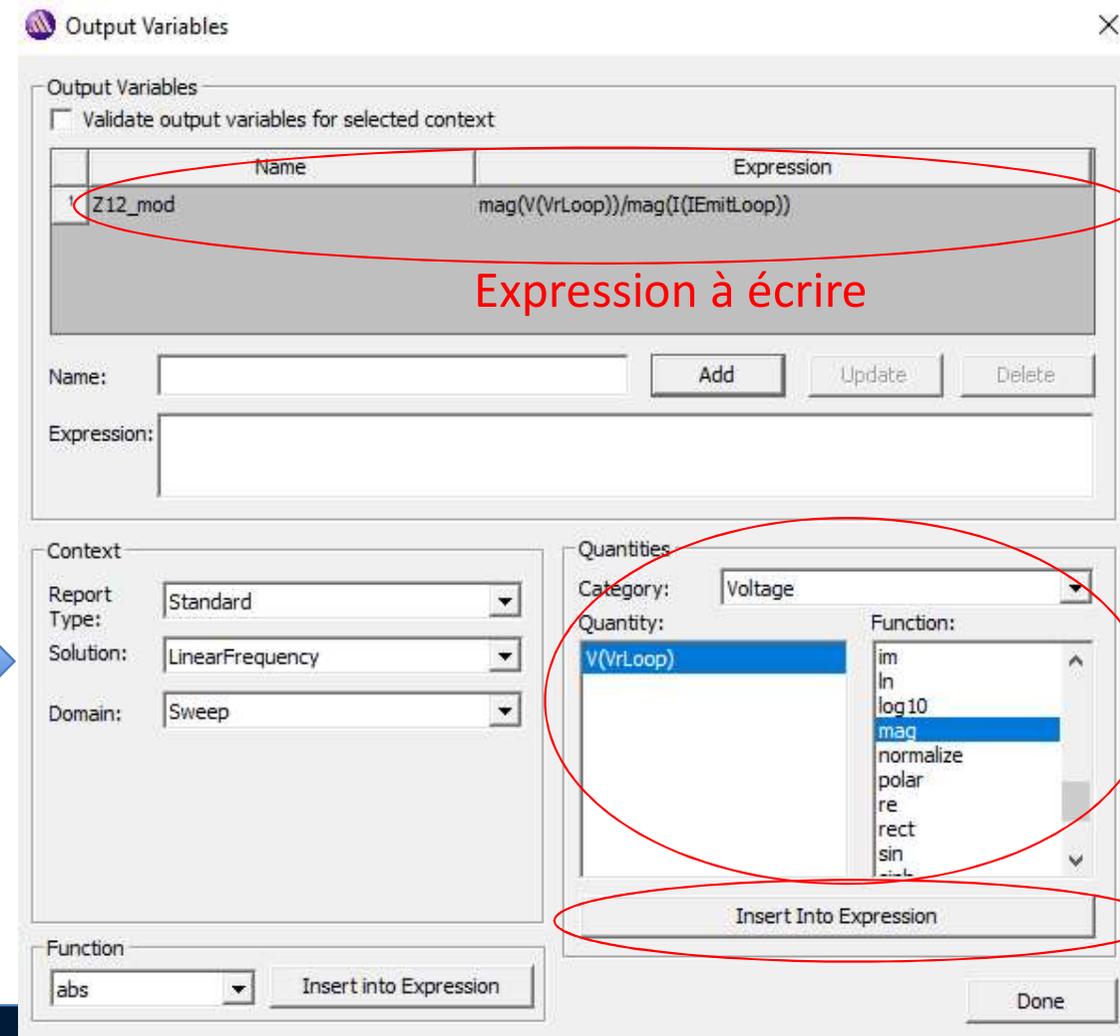
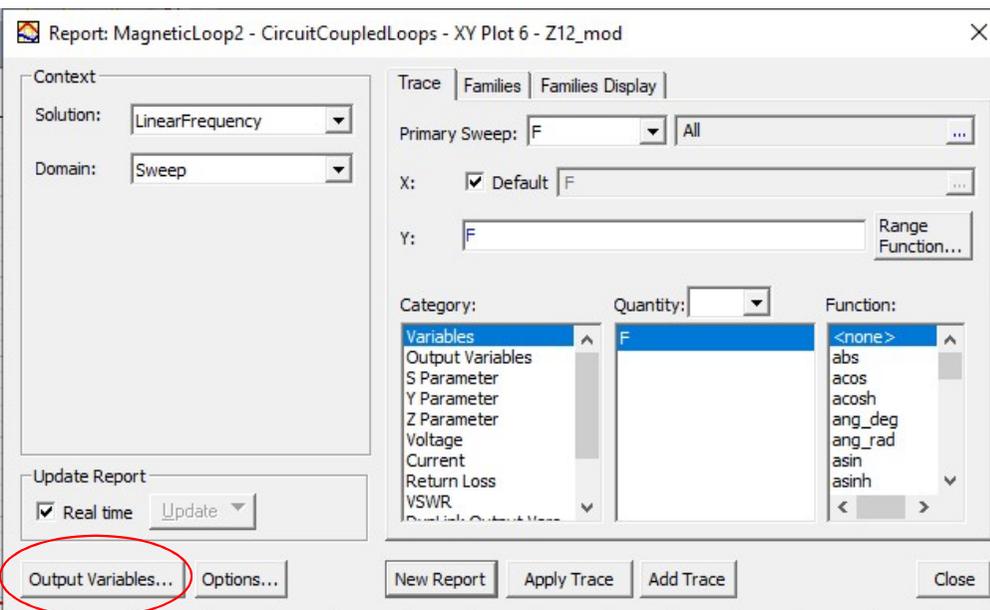
> Configuration d'une simulation AC : **Circuit > Add Nexxim Solution Setup > Linear Network Analysis**

> **Lancement de la simulation : Circuit > Analyse (F10)**



Simulation sous Nexxim circuit simulator

- > Affichage des résultats de simulation : interface commune aux outils ANSYS Electronics Desktop
- > **Circuit > Results > Create Standard Report > Rectangular Plot**



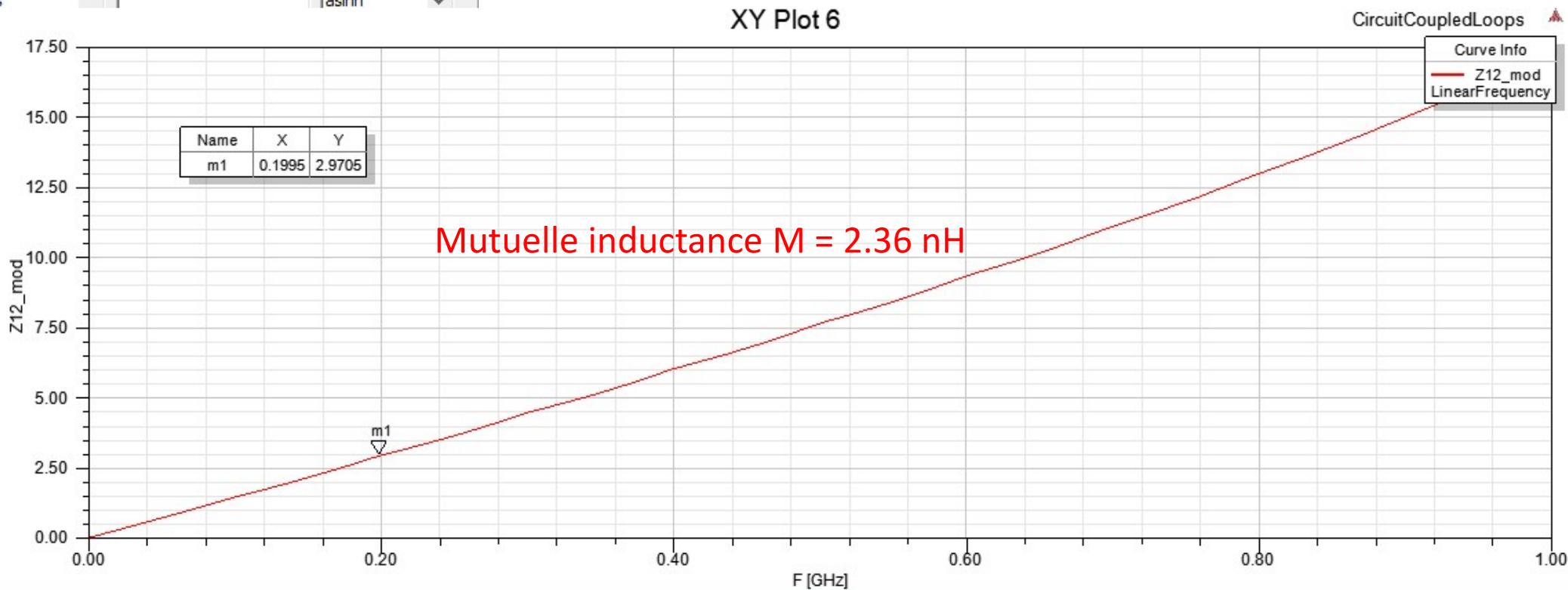
> Calcul de $|Z_{12}|$:

Y: Range Function...

Category: Quantity: Function:

Variables
Output Variables
S Parameter
Y Parameter
Z Parameter
Voltage
Current
Return Loss
VSWR
Disturbance

<none>
abs
acos
acosh
ang_deg
ang_rad
asin
asinh

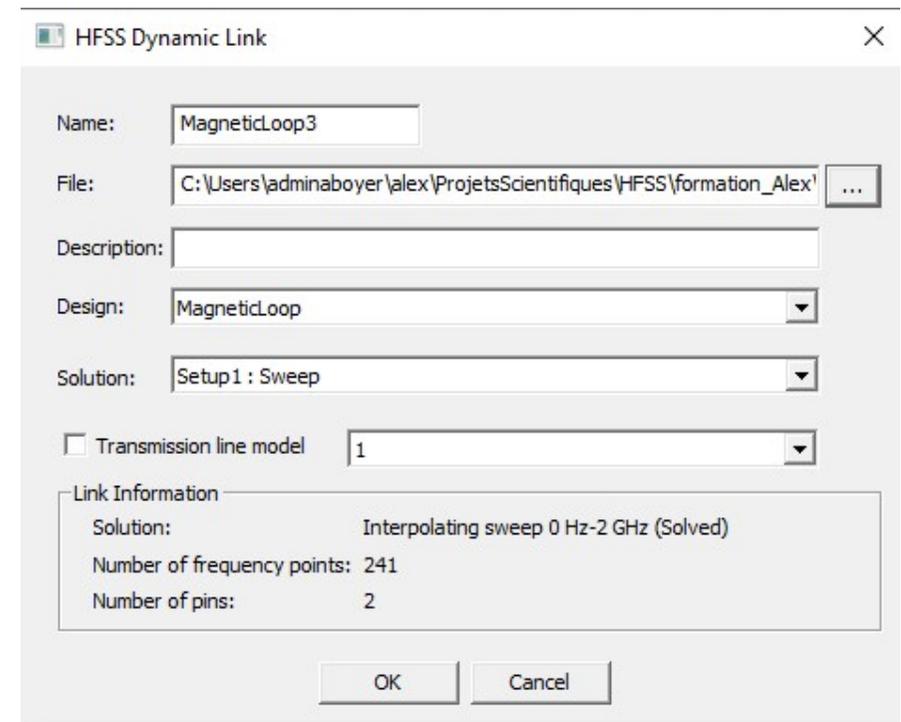
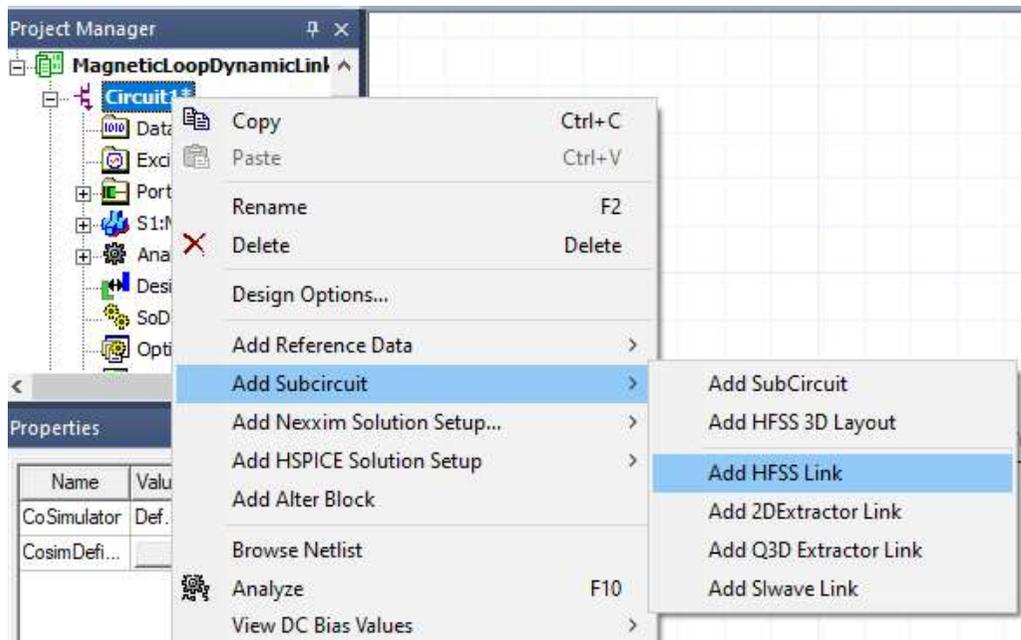


Simulation sous Nexxim circuit simulator

- > Inconvénient de l'approche Nports : si on modifie le modèle 3D sous HFSS, il est nécessaire de reconstruire le fichier Touchstone et de le changer sur Nexxim circuit simulator.
- > Une autre approche consiste à créer un lien dynamique entre le modèle circuit et le modèle électromagnétique (HFSS), permettant ainsi une vraie cosimulation.
- > Les signaux issus de la simulation circuit vont exciter le modèle électromagnétique, dont les résultats vont alimenter le modèle circuit.
- > Seules les simulations Linear network et transitoires fonctionnent selon ce principe !

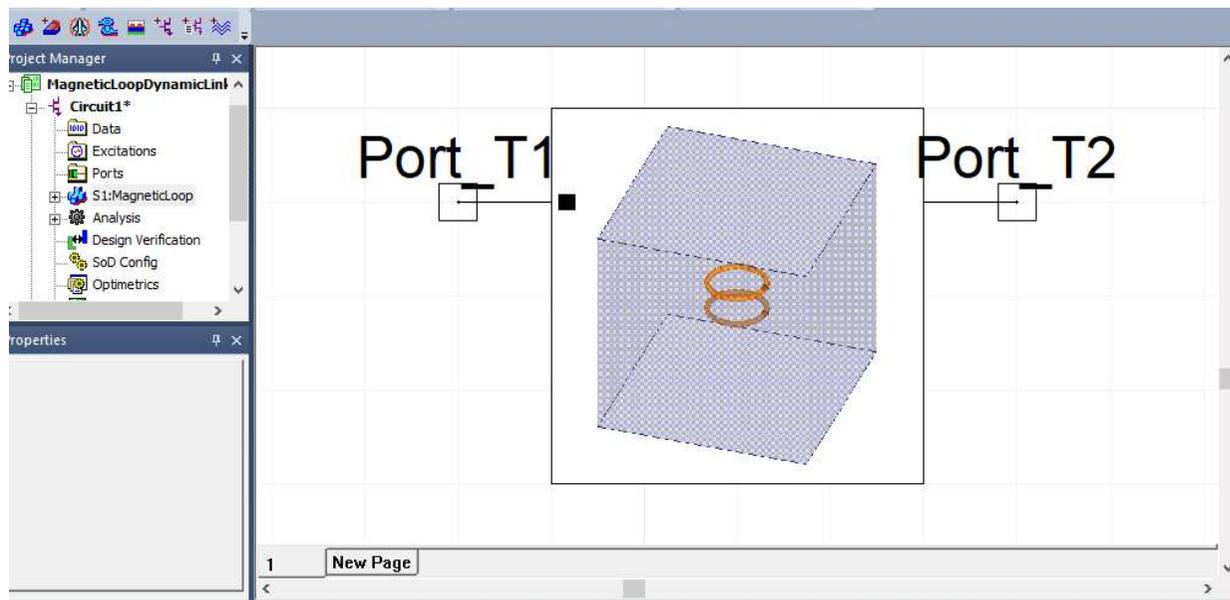
- > Pour cela, on crée un **Dynamic Link** entre Nexxim Circuit Simulator et HFSS.
- > Tout se fait depuis Nexxim Circuit Simulator

- > Clic droit sur Circuit dans Project Manager
- > **Add Subcircuit > Add HFSS Link**
- > Sélectionner le modèle HFSS et OK



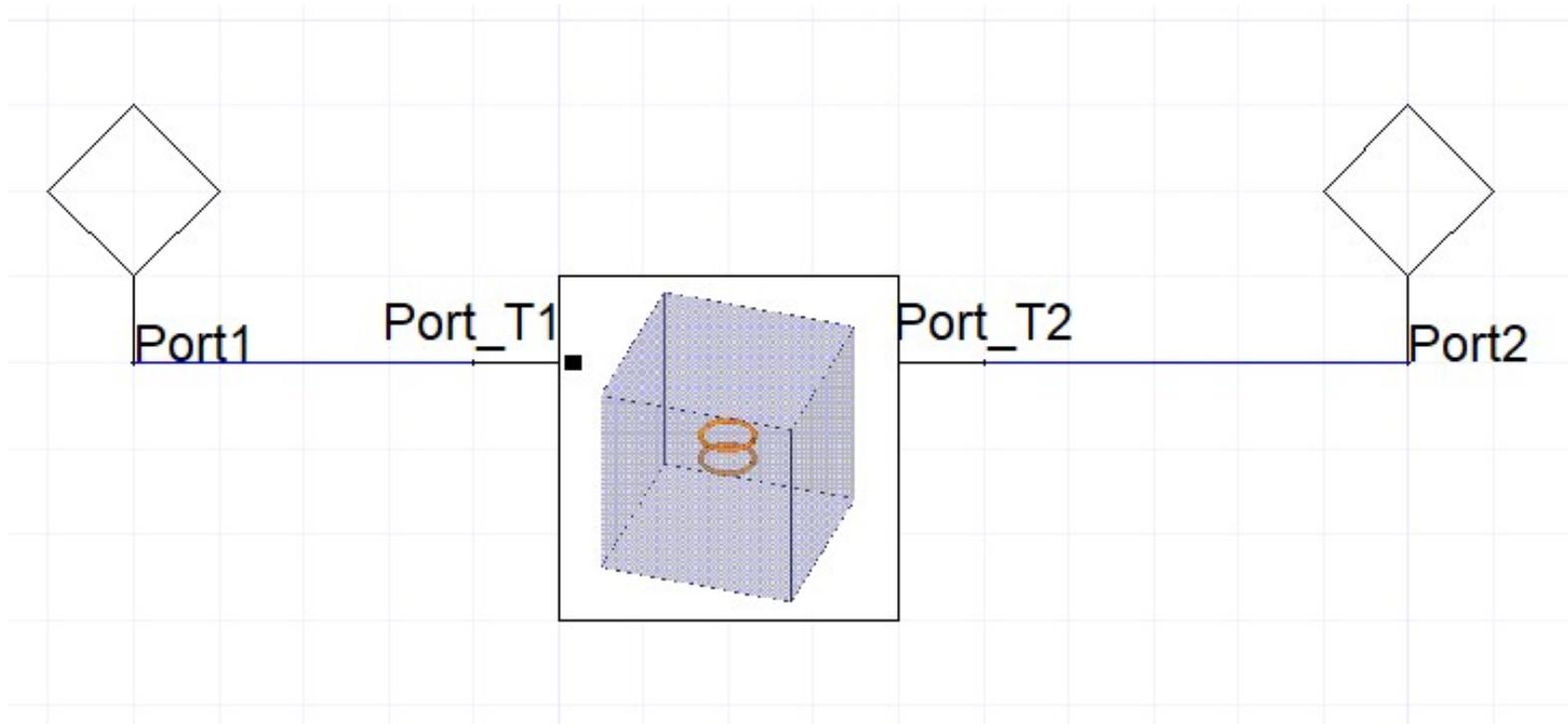
Simulation sous Nexxim circuit simulator

- > Une boîte avec les ports du modèle HFSS et une image miniature du modèle géométrique apparaît.
- > Le modèle HFSS s'ouvre aussi, s'il n'est pas ouvert.



- > **Clic droit > Edit Component** → définition du composant
- > **Clic droit > Edit Symbol** → pour modifier le symbole apparaissant sur la schématique
- > **Clic droit > Edit Link Definition** → pour modifier le lien avec HFSS

- > Set-up de simulation des paramètres S/Z



> Résultat de simulation (Z11 et Z12)

