

# **Le logiciel du MSA pas à pas**

## **Analyseur de réseaux vectoriel, mode transmission**

### **18/12/09**

Ce document est destiné à vous familiariser avec les fonctions de base du MSA et de son logiciel, fonctionnant en Analyseur de Réseaux Vectoriel en mode transmission, sans que vous ayez besoin de disposer physiquement du MSA. Il vous suffira d'avoir installé le logiciel d'après les instructions de Scotty. Vous êtes supposé avoir accompli le "parcours pas à pas" du MSA en mode analyseur de spectre.

### **Fonctionnement de base en mode transmission**

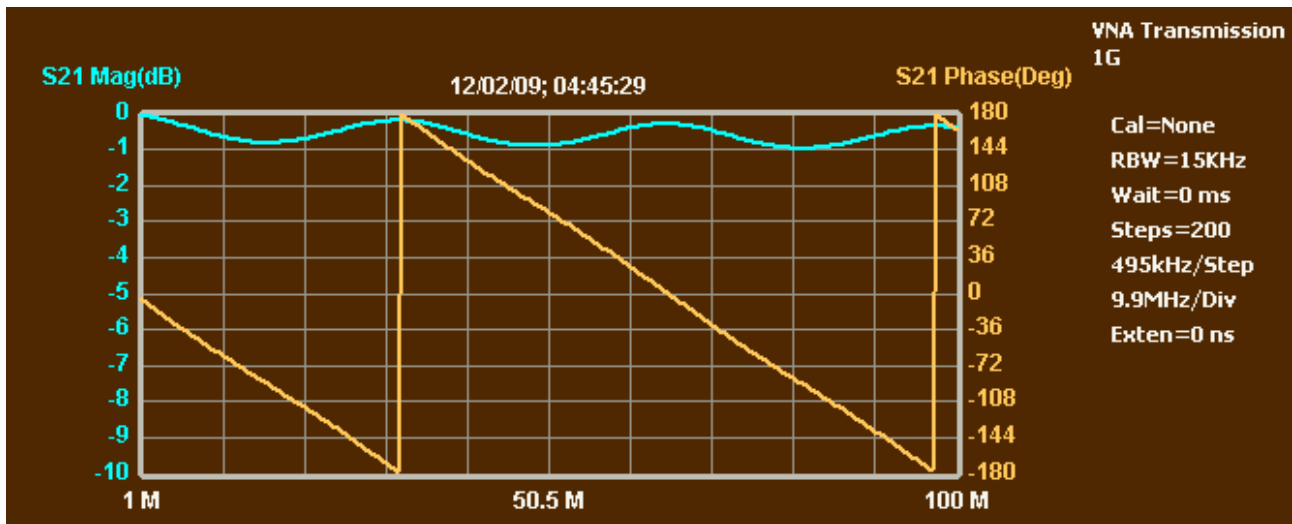
1 - Pour démarrer le programme, double-cliquez sur l'icône du logiciel du MSA. Attention : vous pouvez redimensionner la fenêtre du graphe du MSA, mais vous devez être certain que l'analyse est arrêtée (cliquez sur Halt) auparavant. **Redimensionner pendant que l'analyse est en cours vous fait courir le risque de planter le programme, en raison d'un bug de Liberty Basic.**

2 - Sélectionnez le menu "Mode => VNA Transmission". Le logiciel passe en mode transmission du VNA (Analyseur de Réseaux Vectoriel), dans lequel il mesure normalement le coefficient de transmission d'un circuit. Exprimé en dB, ce coefficient est le paramètre S nommé " $S_{21}$ ". Nous allons utiliser ici des données simulées. Nous n'aurons pas à nous préoccuper des filtres FI finaux ni du réglage du filtre video, mais normalement, en mode transmission, nous utiliserons un filtre FI final dans la gamme de 2 à 10 kHz et réglerons le filtre video sur "Mid" ou "Narrow".

3 - Double-cliquez sous l'axe des fréquences pour ouvrir la fenêtre "Sweep Parameters" (paramètres de balayage). Choisissez une fréquence de départ de 1 MHz, une fréquence d'arrêt de 100 MHz et un nombre de pas par balayage (Steps/Sweep) égal à 200. Dans la boîte de dialogue Data Mode, choisissez l'option n°5 (Simulated RLC/Coax). Fermez la fenêtre.

4 - Une fenêtre apparaît vous permettant de choisir le type de coaxial et les composants RLC à utiliser dans la simulation. Pour commencer, nous voulons simuler un câble coaxial connecté entre la sortie "TG output" et l'entrée "MSA input". Assurez-vous que les cases "Resistance", "Inductance" et "Capacitance" sont toutes décochées, pour indiquer qu'il n'y a aucun de ces composants. Sélectionnez le dispositif de type "Series" (série). Dans la boîte de dialogue "Transmission Line Connection", choisissez RG-59B. Entrez 10 comme longueur de coaxial (en pieds). Cliquez OK pour fermer la fenêtre.

5 - Double-cliquez à l'extérieur de l'axe " $S_{21}$  Mag(dB)" pour ouvrir la fenêtre des axes Y; entrez -10 comme "Bot Ref" (Référence inférieure); fermez la fenêtre. Cliquez "Restart" puis "Halt at End". Le graphe suivant apparaît :



Vos axes peuvent être inversés; pour ces analyses, l'axe primaire a été réglé à 1 par le menu "Setup => Primary Axis" (Configuration => Axe Primaire). Ce graphique présente les caractéristiques en transmission de 10 pieds de RG-59B, avec l'amplitude du signal transmis à gauche, et la phase à droite. Il y a une ondulation sur la réponse en amplitude à cause des réflexions qui se produisent aux extrémités d'un câble 75 ohms connecté à un environnement 50 ohms. L'amplitude accuse également une légère pente descendante due aux pertes dans le câble. La phase devient progressivement plus négative (jusqu'à atteindre  $-180^\circ$ ), illustrant le fait qu'avec l'augmentation de la fréquence, le temps de retard fixe du câble représente un nombre de degrés de plus en plus grand.

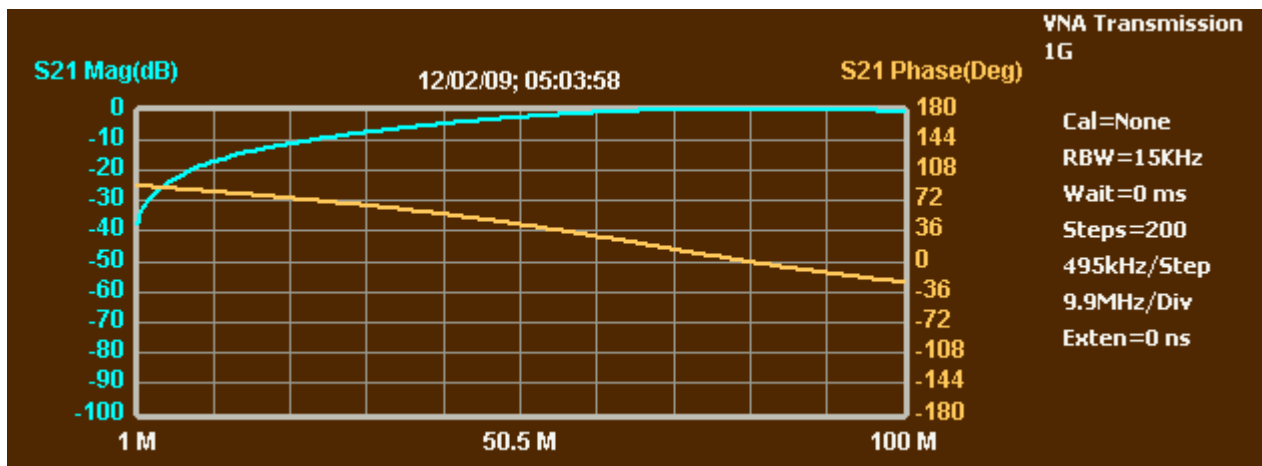
6 - Normalement, une mesure en transmission est précédée d'un étalonnage qui permet au MSA d'enregistrer l'amplitude et la phase du signal transmis par une connexion directe de "TG out" à "MSA in". Ce n'est toutefois pas nécessaire avec des données simulées.

7 - Ouvrez la fenêtre "Sweep Parameters" et cliquez OK. Cela réouvrira la fenêtre dans laquelle vous avez spécifié le type de câble. Sélectionnez RG-58C et cliquez OK. Cliquez "Restart" et "Halt at End". Un nouveau graphe apparaîtra, semblable au précédent, mais sans l'ondulation de l'amplitude, puisque nous avons maintenant un câble 50 ohms.

## Analyse de circuits RLC

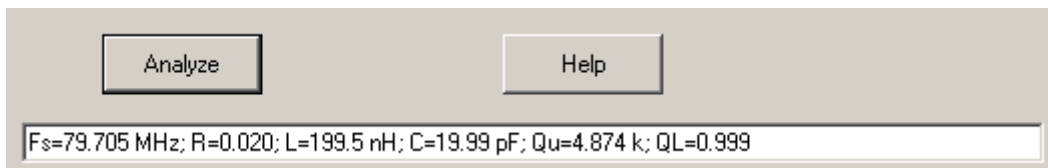
1 - Ouvrez la fenêtre "Sweep Parameters" et cliquez OK. Dans la fenêtre qui s'ouvre, cochez "None" comme type de coaxial. Dans la zone "RLC", cochez "Series", "Resistance", "Inductance" et "Capacitance". Spécifiez zéro pour résistance, 200n pour inductance et 20p pour capacitance. Laissez les Q de la self et du condensateur à des valeurs élevées. Le circuit se présente comme une inductance de 200nH en série avec un condensateur de 20 pF, l'ensemble étant connecté entre "TG output" et "MSA input". Cliquez OK pour fermer la fenêtre.

2 - Ouvrez la fenêtre des axes Y pour "S21 Mag" et entrez -100 dans "Bot Ref" (Référence inférieure). Fermez la fenêtre. Cliquez "Restart" puis "Halt at End". L'écran obtenu sera le suivant :



Aux fréquences basses, le condensateur s'oppose fortement à la transmission. Autour de 80 MHz, où la courbe du déphasage passe par zéro, le circuit atteint la résonance où presque tout le signal est transmis. Au-dessus de la résonance, il est de nouveau bloqué peu à peu par l'augmentation de l'inductance.

3 - Sélectionnez le menu "Fonctions => RLC Analysis" (Fonctions => Analyse RLC). Indiquez que les composants sont en série et que le montage est un "Series Fixture" (montage série). Cliquez sur "Analyze". Le logiciel détermine la fréquence de résonance et les points à -3 dB; ici, le point -3 dB supérieur est au-delà du bord droit du diagramme, mais le MSA n'a besoin que d'un seul de ces deux points. A partir de cette information, il calcule et affiche la résistance, l'inductance et la capacitance séries :

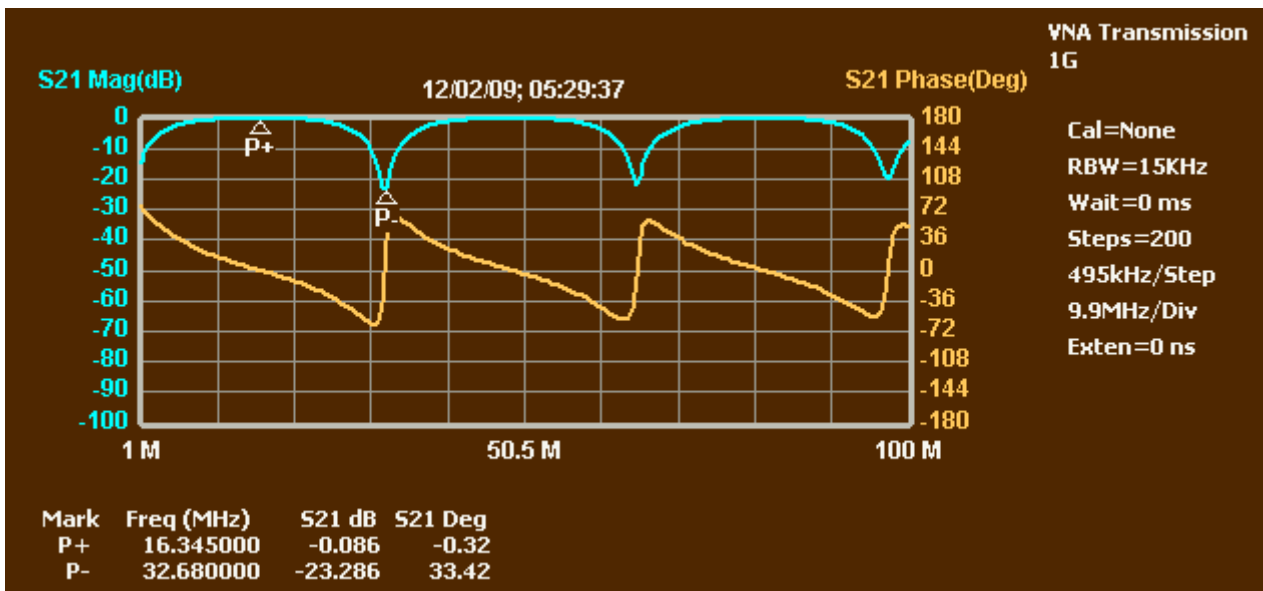


Les valeurs ne sont pas rigoureusement égales aux valeurs simulées parce qu'il faudrait une analyse de résolution infinie pour déterminer parfaitement la résonance et les points à -3 dB.

4 - Fermez la fenêtre "RLC Analysis". Vous pouvez ouvrir la fenêtre "Sweep Parameters" et cliquer OK pour obtenir la fenêtre RLC et entrer d'autres valeurs de composants. Tout circuit RLC parallèle ou série est permis, et ce circuit est monté soit en série (entre "TG out" et "MSA in"), soit en dérivation (entre une ligne 50 ohms reliant "TG out" et "MSA in" et la masse). Vous pouvez alors lancer simulation et exécuter "RLC Analysis".

## Stubs en lignes de transmission

1 - Ouvrez la fenêtre "Sweep Parameters" et cliquez OK. Dans la fenêtre qui s'ouvre, choisissez "Shunt fixture" (montage dérivation) et un coaxial RG-58C d'une longueur de 10 pieds. Sélectionnez "Series RLC", décochez l'inductance et la capacitance, cochez la résistance et réglez-la à zéro. Vous simulez maintenant un coaxial de 10 pieds court-circuité. Cliquez OK pour fermer la fenêtre. Cliquez "Restart" puis "Halt at End". Placez les marqueurs P+ et P- en les sélectionnant puis en double-cliquant sur le graphe. Ce dernier devrait avoir cette apparence :



Le marqueur P+ montre le pic se produisant à la résonance en quart d'onde, où le stub court-circuité se comporte pratiquement comme un circuit ouvert ne causant aucune atténuation du signal qui le traverse. Le marqueur P- montre le creux résultant de la résonance en demi-onde, où le stub fermé se comporte pratiquement comme un court-circuit. "Pratiquement", car les pertes dans le coaxial l'empêchent de se comporter comme un circuit ouvert ou un court-circuit parfaits.

2 - Vous pouvez expérimenter avec d'autres types de câbles afin d'observer l'effet d'un changement dans les pertes du câble sur le comportement du stub. Ou bien augmenter la valeur de la résistance de terminaison pour simuler un stub ouvert.

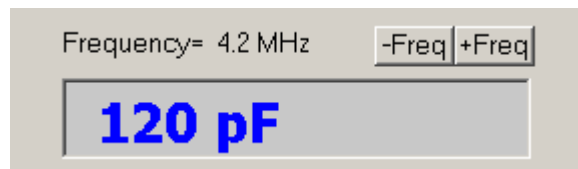
## Analyse de quartz

1 - Le menu "Fonctions" contient aussi une fonction pour l'analyse des quartz, de façon à en déterminer les paramètres. Il n'y a pas de données simulées pour les quartz. Leur résonance série peut être simulée comme un circuit RLC série. Mais avec des données simulées, le processus ressemble beaucoup à l'analyse d'un circuit RLC normal et les résultats ne présentent pas d'intérêt particulier.

## Mesure de composants

1 - Ouvrez la fenêtre "Sweep Parameters" et assurez-vous que "Data Mode" est bien réglé sur l'option n°5 (Simulated RLC/Coax). Fermez la fenêtre. Dans la fenêtre RLC qui s'ouvre, choisissez le montage en dérivation (Shunt fixture) et "None" comme type de coaxial. Décochez résistance et inductance, mais cochez capacitance et entrez une valeur de 120p. Vous simulez un **condensateur connecté à un montage dérivation**. Fermez la fenêtre.

2 - Sélectionnez le menu "Fonctions => Component Meter" (Fonctions => Mesure de composants). Choisissez "Shunt Fixture" (Montage en dérivation) et "Capacitor" (Condensateur). Cliquez sur "Calibrate" (Étalonner). L'étalonnage ne s'effectue pas dans le cas d'une simulation. Quand le bouton "Measure" (Mesure) devient actif, cliquez dessus. Le MSA va, de façon répétitive, analyser le composant et afficher sa valeur. Cliquez sur "Stop". Le MSA s'arrête à la fin de l'analyse en cours. L'affichage ressemblera à celui-ci :



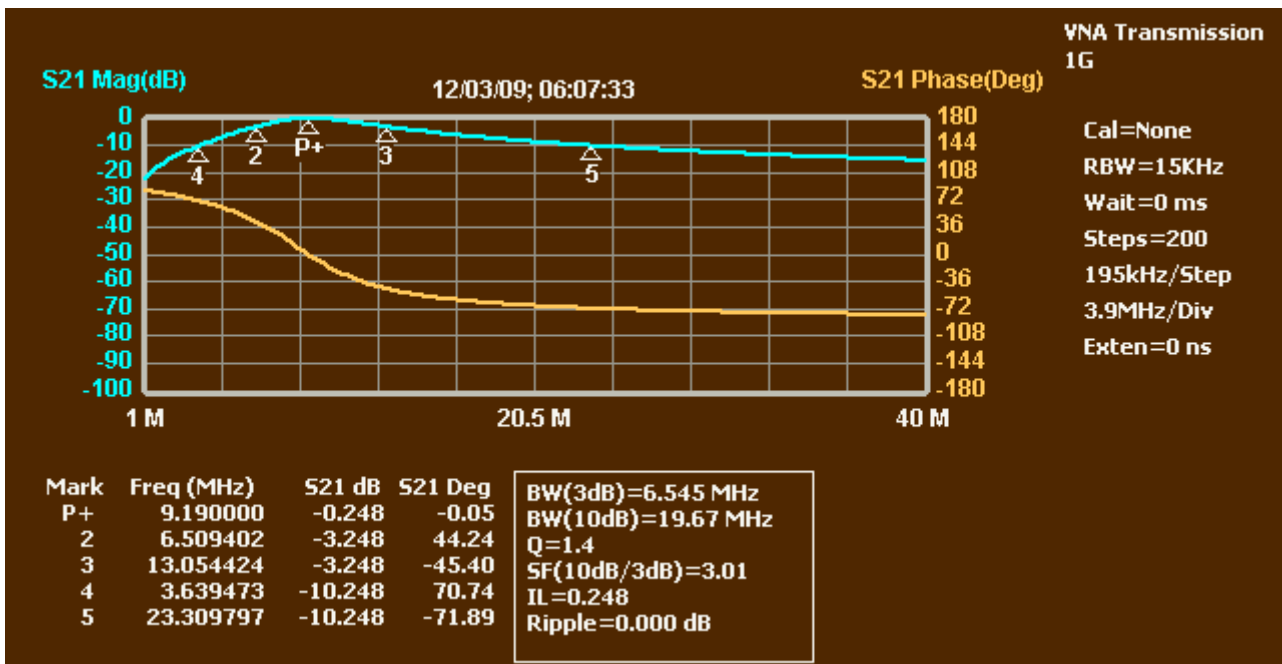
3 - Cliquez sur le bouton "-Freq" pour obtenir une mesure à la fréquence immédiatement inférieure. Elle devrait être légèrement différente de 120 pF. Aux basses fréquences, l'impédance d'un condensateur devient très grande et difficile à mesurer en "Shunt Fixture" (montage dérivation). Un shunt à haute impédance permet le passage de presque tout le signal, peu affecté par de petites variations d'impédance. Dans la simulation, les modifications de la valeur affichée proviennent d'erreurs d'arrondi.

4 - Il est possible de changer de composant pendant la mesure, mais lorsqu'on utilise des données simulées, changer de composant requiert de quitter le "Component Meter" et de retourner à la fenêtre de spécification RLC.

### **Analyse de filtres**

1 - Une analyse en transmission d'un circuit LC parallèle relié à la masse (monté en dérivation) montrera un pic à la résonance. "Filter Analysis" est conçu pour analyser de tels pics. Ouvrez la fenêtre "Sweep Parameters". Entrez une fréquence de départ de 1 MHz et une fréquence d'arrêt de 40 MHz. Sélectionnez l'option n°5 (Simulated RLC/Coax) dans "Data Mode". Fermez la fenêtre; la fenêtre RLC apparaît. Sélectionnez "Shunt Fixture" (montage dérivation) et le coaxial de type "None". Dans la zone RLC, sélectionnez "Parallèle", mettez "Inductance" et "Capacitance" sur "on" et résistance sur "off". Entrez une capacité de 1n et une inductance de 300n. Fermez la fenêtre. Cliquez sur "Restart" et "Halt at End". Un graphe apparaîtra montrant la réponse du circuit LC parallèle spécifié.

2 - Sélectionnez "Fonctions => Filter Analysis" (Fonction => Analyse de Filtre). Cela vous permet de faire apparaître deux séries de points en dB à placer. La première est déjà réglée sur 3 dB. Entrez 10 dB dans le second champ. Fermez la fenêtre. Le graphe devrait ressembler à ceci :



Le MSA a ajouté le marqueur P+ sur le pic, les marqueurs 2 et 3 aux points -3 dB, et les marqueurs 4 et 5 aux points -10 dB. Les valeurs de tous les marqueurs sont affichées sous le graphique. De plus, l'affichage montre la largeur de bande à -3 dB et à -10 dB, Q, le facteur de forme (quotient de la largeur de bande à -10 dB par la largeur de bande à -3 dB), la perte d'insertion et l'ondulation. La courbe de réponse décroît de façon monotone de part et d'autre de la résonance, donc l'ondulation vaut zéro.

3 - Sélectionnez "Fonction => RLC Analysis". Sélectionnez la configuration de composants "Parallèle" et "Shunt Fixture" (montage en dérivation) pour que l'analyse corresponde aux données simulées. Cliquez sur "Analyse". Les valeurs suivantes s'affichent :

Fp=9.19 MHz; R=862.2 ohms; L=299.7 nH; C=1.001 nF; Qu=49.83 ; QL=1.404 ; serR=0.347

Les valeurs de L et C sont proches des 300 nH et 1 nF, et le  $Q_U$  est proche de ce qui a été spécifié pour le Q de la self. La valeur R représente la résistance parallèle qui donnerait une telle valeur de  $Q_U$ . "SerR" est la résistance série de la self qui donnerait cette même valeur de  $Q_U$ . Dans notre cas, le modèle à résistance en série avec la self est le plus réaliste.