

miniVNA

le couteau suisse du radioamateur

par Denis AUQUEBON, F6CRP



PREMIÈRE PARTIE

LA MÉTROLOGIE ET LE RADIOAMATEUR

Le radioamateur, s'il possède en général un ou des émetteurs-récepteurs et un ou des dispositifs rayonnants, est fort moins bien doté en matériel de mesure. Cela s'explique aisément, les coûts des appareils sont élevés, l'utilisation peu fréquente induit une immobilisation financière peu rentable, enfin le savoir nécessaire à la bonne exploitation et à l'interprétation des résultats n'est pas le lot de chacun. Tous ces facteurs induisent une paupérisation en matière de mesure dans la station du radioamateur.

Dans les années soixante-dix, on trouvait dans le labo amateur un grid-dip et un contrôleur universel, cet équipement minimaliste permettait de réaliser une station opérationnelle. La technique a évolué, les émetteurs-récepteurs se sont sophistiqués tandis que parallèlement le labo s'appauvrissait. Curieux paradoxe qui peut s'expliquer

Dans cet article en deux parties, nous allons découvrir un appareil de mesure très utile, le miniVNA de miniRadioSolutions. Nous avons souhaité présenter un certain nombre d'applications propres à satisfaire les besoins d'un radioamateur. Aussi, après un peu de théorie, nous aborderons l'aspect pratique des choses en proposant quelques exemples de mesures qui sont à la portée de ce véritable couteau suisse...

assez aisément mais qui n'est pas le propos de ce texte.

Pourtant, grâce à l'évolution des technologies que nous évoquions précédemment, le phénomène pourrait s'inverser puisque de nos jours, pour des coûts plus que raisonnables, on peut acquérir des outils extrêmement puissants permettant de réaliser des mesures dont un professionnel aurait rêvé il y a encore trente ans.

Cette longue introduction pour vous présenter le miniVNA, VNA pour Vector Network Analyzer ou en français Analyseur de Réseaux Vectoriel. Je tiens à préciser, s'agissant d'un produit commercial, que je ne suis lié à aucune des parties produisant ou distribuant cet appareil, pas plus que je ne suis mandaté pour réaliser un reportage publicitaire. Cet article n'a d'autre objectif que d'énoncer les possibilités de cet instrument et de sensibiliser certains d'entre nous à ce domaine passionnant qu'est la mesure. Avant d'explorer les possibilités de notre analyseur vectoriel, il convient de revenir à quelques notions, non indispensables à son utilisation, mais qui éclaireront les résultats obtenus.

Cet article se décomposera comme suit :

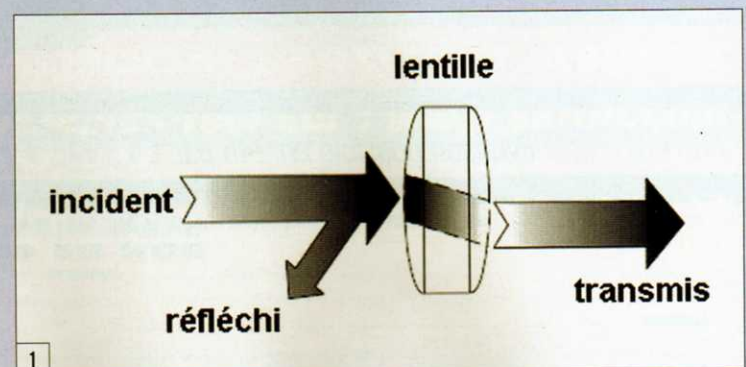
- retour sur la réflexion ;
- principe simplifié d'un analyseur de réseaux vectoriel ;
- présentation du miniVNA de miniRadioSolutions ;
- aperçu des mesures que l'on peut effectuer avec le miniVNA ;
- conclusion.

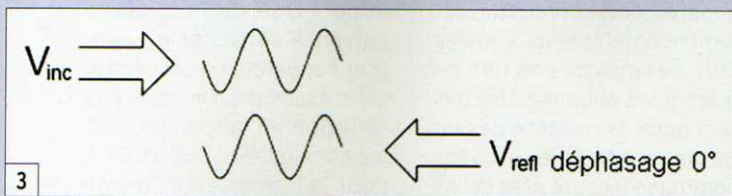
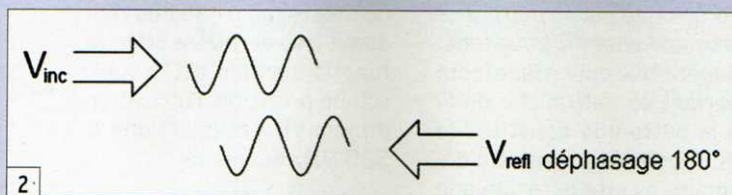
RETOUR SUR LA RÉFLEXION (figure 1)

Pour matérialiser ce phénomène, la figure 1 présente une analogie optique développée par Agilent. La lentille étant partiellement réfléchissante, une partie de la lumière incidente est réfléchi tandis qu'une autre est transmise. En fonction de la capacité de la lentille à réfléchir la lumière, on pourrait aboutir à une réflexion totale et une transmission nulle.

Si à la place de la lumière on injecte de la HF (la lumière est aussi une onde électromagnétique) et non pas dans une lentille mais dans une ligne de transmission terminée par une charge non adaptée, on observera rigoureusement le même phénomène.

Étudions maintenant quatre cas, à savoir une ligne de transmission terminée par un court-circuit, la même ligne de transmission ouverte à une extrémité, le cas où la





$$\Gamma = \rho \angle \theta = \frac{Z_l - Z_0}{Z_l + Z_0}$$

4

ligne est bouclée sur une résistance pure et enfin le cas où la ligne est bouclée par une résistance en série avec une réactance.

LA LIGNE TERMINÉE PAR UN COURT-CIRCUIT (figure 2)

La tension réfléchi est déphasée de 180° par rapport à la tension incidente, le courant réfléchi est en phase par rapport au courant incident.

LA LIGNE OUVERTE (figure 3)

La tension réfléchi n'est pas déphasée par rapport à la tension incidente, c'est le courant qui est déphasé de 180° .

LA LIGNE TERMINÉE PAR UNE RÉISTANCE PURE DE 10Ω

Nous nous trouvons dans une situation intermédiaire, la réflexion ne sera pas totale comme dans les deux exemples précédents, l'amplitude de l'onde réfléchi vaudra les $2/3$ de l'onde directe. Cette dernière valeur est déterminée par la célèbre relation de la figure 4.

Si la charge purement résistive est de valeur supérieure à l'impédance caractéristique de la ligne de transmission Z_0 , les déphasages sont ceux de la ligne ouverte. Réciproquement, si la valeur de la charge est inférieure à Z_0 , alors les déphasages sont ceux de la ligne court-circuitée.

LA LIGNE TERMINÉE PAR UNE RÉISTANCE ET UNE RÉACTANCE

Nous avons noté des variations d'amplitude entre l'onde directe et réfléchi et des déphasages de 180° ou 0° dans les cas précédents. Dans ce cas de figure, nous observerons, outre des variations d'amplitude, des variations de phase comprises entre ces valeurs en fonction de la valeur de la résistance et de la réactance.

Tout ceci nous est utile pour comprendre que, connaissant les valeurs de l'amplitude et du déphasage entre onde directe et onde réfléchi, nous pourrions déterminer les valeurs de l'impédance de tout dipôle.

PRINCIPE SIMPLIFIÉ D'UN ANALYSEUR DE RÉSEAUX VECTORIEL

Mais avant d'aller plus loin, peut-être est-il nécessaire de

répondre à la question suivante : à quoi sert un analyseur de réseau et que fait-il ?

On distingue deux grandes familles d'analyseurs :

- les scalaires
- les vectoriels.

L'analyseur de réseaux scalaire ne fournit que la valeur en amplitude des signaux direct et réfléchi en fonction de la fréquence. L'analyseur de réseau vectoriel réalise les mêmes mesures mais en outre il détermine la phase.

S'il s'agit de mesurer le coefficient de transmission (ex. le gain d'un préampli ou l'atténuation d'un atténuateur le tout en fonction de la fréquence), le scalaire fournira la courbe amplitude en fonction de la fréquence, le vectoriel affichera également la phase des signaux.

S'il s'agit de mesurer le coefficient de réflexion, le scalaire

présence de ces signaux, on va les détecter, les quantifier, effectuer les calculs nécessaires à la détermination des grandeurs qui nous intéressent et enfin visualiser les résultats. La description du miniVNA permettra de comprendre comment le problème a été traité par les concepteurs de cet appareil.

PRÉSENTATION DU miniVNA DE miniRadioSolutions (figure 6)

On doit la conception initiale de cet appareil à IW3HEV ; aujourd'hui un travail collaboratif s'est engagé sur l'aspect logiciel, la dernière version, la 2.3 étant le fruit d'un groupe composé de IW3HEV, DK3SI et G3RXQ.

Un générateur HF (figure 7) basé sur le DDS AD9951 d'Analog Devices produit un signal entre 0,1 et 180 MHz. Les limites de la bande de fréquences ainsi que le pas sont



indiquera le module du coefficient de réflexion, le vectoriel indiquera le module et l'angle ce qui permettra de déterminer la valeur de l'impédance sous la forme $R \pm jX$.

La figure 5 présente le principe général. Une source HF (RF) qui servira de référence en amplitude et phase alimente un objet sous test, que les Anglo-Saxons appellent DUT (device under test). Par le biais d'un coupleur, on récupère le signal réfléchi. À la sortie du DUT on obtient le signal transmis. Une fois en

déterminés par l'utilisateur. La commande du DDS est effectuée par le microprocesseur. Ce signal est filtré et passe à travers le coupleur directif PDC10 de chez Minicircuits. Ce coupleur bidirectionnel large bande (1 à 400 MHz) offre une directivité de l'ordre de 35 dB, une valeur de couplage de 11 dB pour une perte d'insertion de 0,7 dB dans la gamme du miniVNA, ROS typique de 1,2.

À propos de la directivité, il convient de préciser qu'il s'agit d'une des grandeurs

