

Comment ça marche ?

Les lignes HF

12 - Admittance

Par le radio-club F6KRK

Après avoir vu les relations entre les lignes et l'impédance aboutissant à l'abaque de Smith, nous continuerons avec l'admittance et dans un premier temps, nous aborderons l'adaptation avec des composants discrets.

L'admittance

Nous avons vu que l'impédance Z est la somme vectorielle d'une résistance R et d'une réactance X , exprimées en Ohms (Ω). Elle correspond à la mise en série des composants et par conséquent le courant est la référence de phase. L'admittance Y est la somme vectorielle d'une conductance G et d'une susceptance B , exprimées en Siemens (S). Elle correspond à la mise en parallèle des composants et c'est alors la tension qui est la référence de phase. Nous obtenons les relations de la figure 1 :

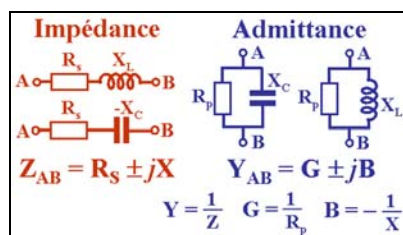


Figure 1 : Impédance et admittance (1 col)

Nous voyons que l'admittance est l'inverse de l'impédance, la conductance est l'inverse de la résistance et la susceptance est l'inverse conjuguée de la réactance. Nous pouvons fabriquer un abaque de Smith pour l'admittance comme nous l'avons fait pour l'impédance. On l'obtiendra en faisant tourner ce dernier de 180° . Alors R deviendra G et X deviendra B. Nous avons sur la figure 2 l'abaque complet, impédance plus admittance.

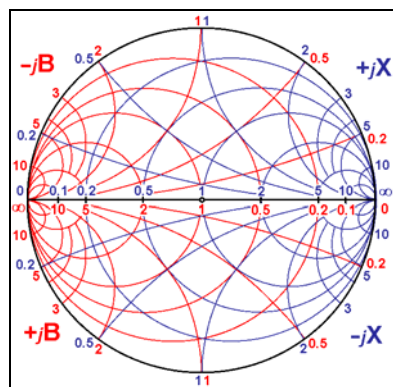


Figure 2 : Abaque de Smith mixte : impédance plus admittance (1 col)

Les courbes de l'impédance se rapportent à la mise en série d'une réactance avec la ligne et les courbes de l'admittance à la mise en parallèle d'une réactance. En appliquant un raisonnement identique à celui du précédent "Comment ça marche", nous remarquerons que :

- la mise en parallèle d'un condensateur en un point de la ligne a pour effet d'allonger électriquement celle-ci. L'effet sera d'autant plus important que l'on sera près d'un nœud de courant.
- la mise en parallèle d'une bobine en un point de la ligne a pour effet de raccourcir électriquement celle-ci. L'effet sera d'autant plus important que l'on sera près d'un nœud de courant.

En pratique, on a plutôt besoin d'allonger électriquement une ligne (antenne) pour obtenir une résonance. On a alors recours à la mise en série d'une bobine, à la mise en parallèle d'un condensateur, ou aux deux combinés. Nous en avons un exemple sur la figure 3 avec un fouet vertical résonnant en quart d'onde sur trois bandes.

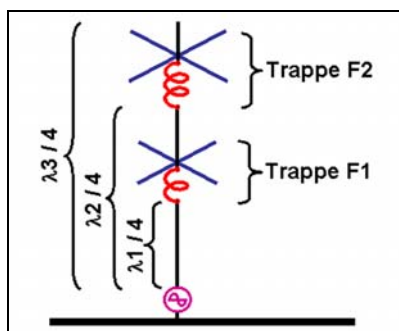


Figure 3 : Antenne tri-bande utilisant l'ajout d'inductances série et de capacités parallèles (1 col)

Les capacités parallèles sont amenées par les croisillons. L'association avec une bobine série a pour effet d'insérer un circuit résonnant parallèle en série avec le fouet (circuit appelé "trappe"). L'impédance élevée d'un tel circuit à la résonance a *grosso modo* le même effet qu'une coupure de la ligne à cet endroit. Pour les fréquences inférieures, la trappe a seulement pour effet d'allonger électriquement le fouet. Pour ces fréquences, l'utilisation de croisillons a l'avantage de pouvoir diminuer la valeur des bobines, donc les pertes (à hauteur physique constante du fouet) ⁽¹⁾.

Abaque de Smith et adaptation

Supposons que nous ayons récupéré une antenne d'origine inconnue et que nous voulions nous en servir pour trafiquer à une fréquence de 10 MHz. A l'aide d'un pont de bruit ou d'un VNA, nous avons mesuré son impédance à 10 MHz et nous avons trouvé $Z = 25\Omega + j100\Omega$. Nous nous proposons alors d'utiliser l'abaque de Smith pour déterminer un circuit d'adaptation à un câble coaxial de 50 Ω . Considérons la figure 4.

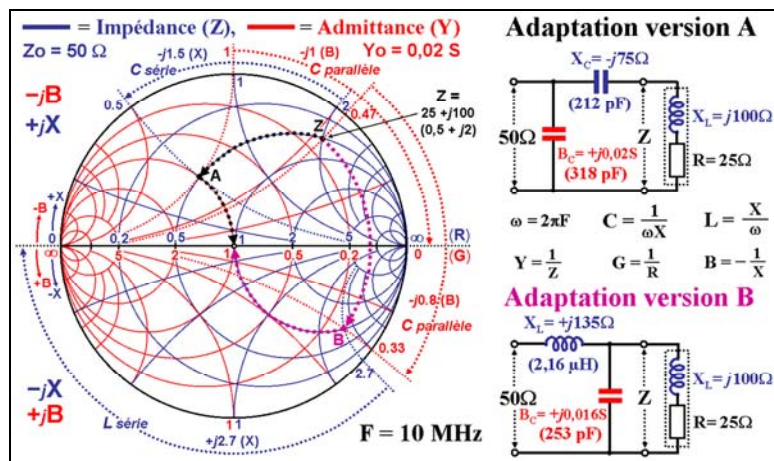


Figure 4 : Exemple d'adaptation d'une antenne à une ligne en utilisant l'abaque de Smith (2 col)

Nous rappellerons que les condensateurs et les bobines sont des longueurs ^[1], et comme nous n'utilisons pas de résistances (pas de pertes), ces longueurs sont portées par des portions des cercles de R ou de G constants. Nous utiliserons un abaque de Smith complet (Z et Y) avec $Z_0=50\Omega$ qui est l'impédance que l'on veut obtenir. Nous y placerons le point correspondant à l'impédance de l'antenne, après normalisation, soit $Z = 0,5+j2$. L'adaptation consistera à trouver un chemin entre ce point et le point Z_0 qui n'utilisera que des portions de cercles R ou G constants. Nous voyons sur la figure 4 qu'il y a deux possibilités avec deux tronçons (deux composants) et une multitude avec plus de composants.

Prenons le trajet en noir passant par le point A. Ce dernier est commun avec les cercles $R=0,5$ et $G=1$, l'un passant par Z et l'autre passant par Z_0 .

La portion Z-A se situe sur le cercle $R=0,5$ entre les réactances $j2$ et $j0,5$ (Z). La réactance selfique diminuant, cela correspond à la mise en série d'un condensateur de réactance $0,5 - 2 = -j1,5$, soit $-j75\Omega$ après dé normalisation. A 10 MHz, cela représente un condensateur de 212 pF.

La portion A- Z_0 se situe sur le cercle $G=1$ entre les susceptances $j0$ et $-j1$ (Y). Nous avons une susceptance de $j1S$ correspondant à la mise en parallèle d'un condensateur de réactance $-(1/1) = -j1\Omega$, soit $-j50\Omega$ après dé normalisation. A 10 MHz, cela représente un condensateur de 318 pF. Nous obtenons le schéma en haut de la figure 4.

Prenons maintenant le trajet en violet passant par le point B. Ce dernier est commun avec les cercles $G=0,12$ et $R=1$ (l'un passant par Z et l'autre passant par Z_0).

La portion Z-B se situe sur le cercle $G=0,12$ entre les susceptances $j0,33$ et $-j0,47$ (Y). Cela correspond à la mise en parallèle d'un condensateur de susceptance $0,33 - (-0,47) = 0,8$, soit $0,016S$ après dé normalisation et donc d'une réactance de $-(1/0,016) = -j62,5\Omega$. A 10 MHz, cela représente un condensateur de 253 pF.

La portion B- Z_0 se situe sur le cercle $R=1$ entre les réactances $j0$ et $-j2,7$ (Z). La réactance capacitive diminuant, cela correspond à la mise en série d'une bobine de réactance $j2,7$, soit $j135\Omega$ après dénormalisation. A 10 MHz, cela représente une bobine de $2,16\mu H$. Nous obtenons le schéma en bas de la figure 4.

En pratique, on préférera la version A, car il n'y a pas de bobine, donc en principe, moins de pertes.

Dans le prochain "Comment ça marche" nous verrons l'adaptation à l'aide d'une ligne.

La Rubrique "Comment ça marche" est une activité collective du radio-club F6KRK (<http://www.f6krk.org>). Pour une correspondance technique concernant cette rubrique : "f5nb@orange.fr".

Bibliographie.

[1] Voir les précédents "Comment ça marche ?" dans Radio-REF. Ils sont également consultables et téléchargeables sur le site de F6KRK : "www.blog.f6krk.org", catégories "Bulletins et Gazettes" puis "Comment ça marche ?".

Notes :

- 1) *Revoir par ailleurs le "Comment ça marche" sur la hauteur effective ^[1].*