

Le ROS et les antennes (ON5HQ)

Préambule

Vous avez tous entendu des discussions parfois interminables sur le ROS et son importance ou ses effets, et bien souvent les avis sont discordants, en phase ou sur la même longueur d'onde dirons les radio-techniciens !!!!!

Je vous propose un article inspiré du REF de Février 1998 et légèrement remanié, qui traite succinctement du sujet et qui, s'il n'explique pas tout, a au moins le mérite de remettre les choses un peu au point, et si le sujet intéresse, il peut être développé dans l'ensemble de la problématique de l'adaptation des impédances.

Si, à priori, il est souhaitable de ramener la valeur du ROS le plus près de 1/1, cet objectif n'est ni pratiquement réalisable (sur toute une bande de fréquence) ni nécessaire. Je vais donc essayer d'expliquer simplement ces deux points avec l'interdépendance des paramètres concernés, le but final étant de rayonner au mieux la puissance de sortie autorisée pour effectuer les QSO.

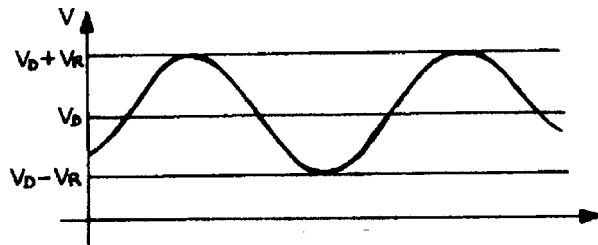
Le ROS

D'abord le ROS (ou VSWR en anglais). Il est défini par le rapport des tensions maximales et minimales rencontrées sur la ligne, soit :

Il est compris entre 1 et l'infini ($1 < \text{ROS} < \infty$).

En désignant par V_d la tension directe et V_r la tension réfléchie, le ROS est défini par :

$$\text{ROS} = \frac{V_d + V_r}{V_d - V_r}$$



Si l'on désigne par Z l'impédance de charge de la ligne et Z_c son impédance caractéristique, on démontre que le ROS est égal au rapport des deux impédances, calculé de façon à obtenir un résultat supérieur (ou égal) à 1.

Soit, si $Z > Z_c$: **ROS = Z/Z_c**
 si $Z < Z_c$: **ROS = Z_c/Z**

Le coefficient de réflexion - ρ (ou Γ dans certains ouvrages)

est par définition, le rapport entre la tension réfléchie et la tension directe, soit:

$$\rho = \frac{V_r}{V_d} = \frac{I_r}{I_d} = \sqrt{\frac{P_r}{P_d}}$$

Il est compris entre 0 et 1. En le multipliant par 100, on obtient le pourcentage d'ondes réfléchies que l'on appelle "**taux d'ondes stationnaires**" (compris entre 0 et 100%)

On démontre que :

$$ROS = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

Le rapport d'ondes stationnaires peut donc également être calculé de la manière suivante:

$$ROS \text{ ou } VSWR = \frac{1 + \sqrt{\frac{P_r}{P_d}}}{1 - \sqrt{\frac{P_r}{P_d}}}$$

En présence d'un ROS supérieur à 1, il y a donc de la puissance réfléchie par la charge (l'antenne) et qui de ce fait retourne vers le générateur; plus le ROS est élevé, plus la puissance réfléchie est grande. Ceci résulte de la désadaptation entre le générateur et la charge.

La valeur de P_r (puissance réfléchie) peut être exprimée en pourcentage de P_d (la puissance directe). P_r varie donc de 0 (pour ROS 1) à 100 % (pour ROS infini) ; un ROS de 3 correspond à une puissance réfléchie de 25 %.

Dans la réalité, un ROS 3 est acceptable: en effet 25 % de puissance correspondent à -1,25 dB environ, ce qui est négligeable sur un bilan de liaison; un ROS de 2 correspond à 11 % et à -0,5 dB. Le seul point important à vérifier, c'est le ROS maximum admissible par l'étage de sortie de l'émetteur: en effet, le ROS se traduit par une impédance complexe ($R \pm jX$) qui est ramenée à la sortie de l'émetteur.

Dans le cas d'un émetteur transistorisé, ceci peut se traduire soit par une surdissipation sur les impédances basses, soit par une surtension sur les impédances élevées (et une destruction des transistors), c'est pourquoi une valeur de ROS 2 est souvent spécifiée comme la valeur à ne pas dépasser.

Un dernier paramètre à prendre en compte est l'atténuation du câble coaxial faisant la liaison entre l'antenne et l'émetteur; le **tableau 1** donne un exemple des valeurs de pertes pour un câble coaxial en fonction de la fréquence et du TOS. La perte complémentaire due à un ROS 3/1 est négligeable pour le bilan de liaison, soit +0,52 dB à ajouter à la perte de 1,1 dB du câble pour ROS 1/1 à 30 MHz.

Une première conclusion est qu'une valeur de ROS inférieure ou égale à 3 ne peut poser un problème qu'au niveau du bon fonctionnement de l'étage final de l'émetteur, ce qui peut être compensé au moyen d'une boîte d'accord soit manuelle soit automatique.

Le dipôle

L'impédance d'un dipôle accordé dépend de sa hauteur par rapport au sol; la valeur moyenne de 73 Ω correspond à une hauteur au-dessus du

sol de $0,25 \lambda$, l'antenne étant à la résonance. La valeur de la résistance de rayonnement baisse quand l'antenne est plus basse que la valeur typique indiquée ci-dessus.

Pour $0,18 \lambda$ on a une valeur de résistance de rayonnement proche de 50Ω , mais plus on se rapproche du sol et plus on augmente les pertes... En conclusion, un dipôle attaqué par un coaxial de 50Ω ne pose pas de problème majeur: le ROS à la résonance sera de $1,5/1$, ce qui est très correct.

Le **tableau 2** regroupe les résultats des calculs effectués au moyen de Nec 2 (Eztec) pour un dipôle ayant une longueur de $0,479 \lambda$ et ceci pour différentes hauteurs au dessus d'un sol réel.

Sur le tableau précédent, il faut signaler que le critère de choix de la hauteur du dipôle par rapport au sol doit être déterminé en fonction du type de trafic: pour un trafic à courte et moyenne distance on choisira $0,25 \lambda$, pour du DX une valeur de $0,5$ ou 1λ est préférable. En effet, le diagramme de rayonnement en site pour une

TABLEAU 1

Fréquences	Pertes totales dans le câble coaxial pour			ROS émetteur pour ROS 3/1 à l'antenne
	ROS = 1/1	ROS = 2,5/1	ROS = 3/1	
2 MHz	0,25 dB	0,33 dB	0,38 dB	2,75/1
10 MHz	0,6 dB	0,77 dB	0,90 dB	2,5/1
30 MHz	1,1 dB	1,42 dB	1,63 dB	2,2/1

Hauteur du dipôle	Impédance $R \pm jX$	ROS sur 50 ohms	ROS sur 75 ohms
0,1 λ	20,36 - j14	2,437	3,685
0,15 λ	41,67 + j12	1,376	1,866
0,2 λ	63,67 + j13	1,407	1,29
0,25 λ	80,94 + j5	1,63	1,1
0,3 λ	89,97 - j8	1,823	1,233
0,35 λ	90,2 - j23	1,96	1,39
0,4 λ	83,85 - j33	2,05	1,55
0,45 λ	73,17 - j38	2,07	1,68
0,5 λ	62,87 - j37	2	1,76

TABLEAU 2

hauteur $\leq 0,25 \lambda$ est dirigé vers le zénith (NVIS) et donc peu favorable au DX.

Dans le **tableau 3** sont calculées les valeurs de l'impédance et du ROS d'un dipôle demi-onde taillé pour le milieu de la bande des 20 mètres et installé à 10 mètres (soit environ $\lambda/2$) au-dessus d'un sol réel.

Fréquence en MHz	Impédance	ROS sur 50 ohms	ROS sur 75 ohms
14	66 - j18	1,53	1,33
14,05	66,89 - j13	1,44	1,24
14,1	67,26 - j8	1,38	1,17
14,15	67,63 - j3	1,35	1,17
14,2	68 + j2,2	1,36	1,1
14,25	68,3 + j7,4	1,4	1,14
14,3	68,77 + j12	1,46	1,21
14,35	69 + j17	1,55	1,29

TABLEAU 3

Conclusions

L'impédance d'une antenne dépend de plusieurs facteurs qui sont sa géométrie et sa hauteur au-dessus du sol; dans la pratique, pour les bandes hautes, (à l'exception de la bande des 10 mètres), il n'y a pas de problème pour conserver le ROS en dessous de 2 même si on utilise un câble et un amplificateur étudié pour travailler sur une impédance de 50 ohms ROS 2. Pour la bande des 80 mètres, seule une faible partie sera en-dessous de ROS 2 ; la largeur de la bande (300 kHz) ramenée en pourcentage par rapport à la fréquence centrale (3,65 MHz) est de 8,2 % à comparer aux 2,1 % pour la bande des 20 mètres.

En fait, la bande passante d'une antenne est fonction du facteur de surtension qui dépend de la grosseur équivalente du fil utilisé.

Pour le ROS donc:

- en-dessous de 2 à la sortie de l'émetteur: il n'y a pas de problème;
- au-dessus de 2 jusqu'à 3 : il sera nécessaire soit d'utiliser une boîte d'adaptation, soit de rajouter un bout de coaxial dont la perte complémentaire ramènera le ROS à 2.

Comme indiqué plus haut, la perte complémentaire de 1 ou 2 dB sera invisible sur un QSO (un point S vaut 6 dB) ; un balun 1/1 est recommandé pour avoir une attaque symétrique du dipôle.

Un dernier point: la valeur du ROS n'est pas liée aux problèmes éventuels de TVI (dans la mesure où l'étage final de l'émetteur est accordé pour l'impédance présentée en bout du câble coaxial). En effet, un brouillage peut résulter d'un courant de « gaine ». Ce courant externe résulte d'un couplage entre le champ rayonné par l'antenne et la gaine externe du câble coaxial. La solution est de « choquer » le câble en l'enroulant au plus près de l'antenne pour former une bobine de 10 spires de 15 à 20 cm de diamètre.