

# Antenne poussive ?

## Soignez son alimentation et sa consommation !



**P**our la plupart des utilisateurs, l'antenne est un ensemble composé de tout ce qui est relié à la prise "antenne" d'un récepteur ou d'un émetteur. C'est un raccourci quelque peu pénalisant lorsque l'on souhaite étudier de plus près le fonctionnement de ce système qui est en fait composé de plusieurs éléments, les deux principaux étant l'antenne elle-même et sa ligne de transmission, et les autres, accessoires, étant les éventuels systèmes d'adaptation, et bien entendu les connecteurs.

### ANTENNE

L'antenne est un dispositif qui transforme des variations temporelles de tensions en un champ électromagnétique rayonné (émission) et vice-versa (réception). Les propriétés (gain, impédance, etc.) d'une antenne quelconque étant identiques en transmission et en réception, le fonctionnement de celle-ci est généralement étudié en transmission, et il en sera fait de même ici. Les propriétés en question ne sont reproductibles que si l'antenne est en espace parfaitement libre, exempt de tout élément perturbateur.

D'un point de vue électrique, l'antenne représente une charge qui consomme de l'énergie sous forme de rayonnement, en totalité si elle est parfaite ou partiellement si ce n'est pas le cas, la partie restante étant consommée sous forme de chaleur. Dans le cas où aucun rayonnement ne serait produit et donc où la totalité de l'énergie fournie serait consommée sous forme de chaleur, l'antenne serait alors fictive tout en constituant une charge équivalente non rayonnante pour l'émetteur.

Ceci a des conséquences sur le rendement global de la station :

Une antenne parfaite, mais dont les caractéristiques électriques sont inadaptées à celles de l'émetteur, ne sera pourvue en énergie par ce dernier que d'une partie de la puissance qu'il est normalement capable de produire lorsque sa charge est parfaitement adaptée, mais cette fraction de puissance sera totalement rayonnée par l'antenne.

À l'opposé, une antenne très imparfaite, qui consomme de l'énergie pour partie en chaleur et pour partie en rayonnement, mais

Non, il ne s'agit pas d'ouvrir ici une nouvelle rubrique en collant aux phénomènes de société et en donnant des recettes de cuisine pour une alimentation plus soignée. Néanmoins, il existe quelques similitudes : au même titre que des artères encrassées véhiculent plus difficilement des globules rouges porteurs d'énergie, des lignes de transmission déficientes transportent plus difficilement une énergie qu'il serait préférable de ne pas consommer pendant son transport. L'alimentation d'une antenne doit répondre à un certain nombre de règles et c'est l'objet de cet article de tenter, encore une fois, d'apporter quelques explications à des questions régulièrement posées sur ce sujet.

dont les caractéristiques électriques sont parfaitement adaptées à celles de l'émetteur sera pourvue par ce dernier de la totalité de la puissance qu'il est normalement capable de produire, mais cette puissance ne sera que partiellement rayonnée par cette antenne qui consomme aussi de l'énergie en chaleur.

Ceci étant admis, il est normalement compris qu'une antenne n'est pas simplement un accessoire qui satisfait aux conditions de bon fonctionnement d'un émetteur et tire de celui-ci sa puissance maximum mais au contraire un accessoire qui s'efforce de rayonner le maximum de la puissance qui lui parvient, ce qui peut parfois avoir lieu dans des conditions électriques qui ne satisfont pas totalement l'émetteur. Exprimé autrement, il est sans nul doute préférable de rayonner 100 % de 70 W que 40 % de 100 W, voire 0 % de 100 W si l'antenne est fictive (charge non rayonnante). Une antenne doit rayonner et non pas chauffer. Ensuite seulement, la ligne de transmission doit être conçue de telle sorte qu'il y ait d'une part adaptation, tant du côté antenne que du côté émetteur, avec l'aide de systèmes eux-mêmes conçus à cet effet si nécessaire, et d'autre part transfert d'énergie avec un minimum de pertes. C'est seulement à ce prix qu'un système d'antenne fonctionne le mieux possible.

### LIGNE DE TRANSMISSION

La ligne de transmission est un accessoire rendu nécessaire par le fait que l'émetteur est généralement placé à plus ou moins grande distance de l'antenne et qu'il est donc indispensable d'assurer le transfert d'énergie de la meilleure manière possible, c'est-à-dire sans pertes ni interactions avec l'environnement, par l'intermédiaire d'une ligne étudiée à cet effet. Celle-ci peut être constituée de fils parallèles, de fils torsadés, d'un système coaxial ou d'un guide d'onde.

D'un point de vue électrique, la ligne de transmission réalise le transfert d'énergie entre l'émetteur et sa charge, comme son nom l'indique.

Que l'énergie soit consommée par la charge, et dans des proportions variables, soit sous forme de chaleur, soit sous forme de



rayonnement, ne change strictement rien au niveau de la ligne. Antenne parfaite, antenne imparfaite voire antenne totalement fictive, encore appelée charge non rayonnante, sont toutes des charges ayant des caractéristiques électriques qui peuvent être absolument identiques et donc interchangeables sans que l'émetteur ni la ligne de transmission s'en trouvent affectés. C'est la raison pour laquelle la présence d'une charge non rayonnante est réglementairement obligatoire dans une station radioamateur et son utilisation tout autant obligatoire pour régler un émetteur afin de ne produire aucune nuisance. Le remplacement d'une charge non rayonnante par une charge rayonnante, c'est-à-dire une antenne, est totalement transparent pour le fonctionnement d'un émetteur ainsi réglé sans nuire à quiconque.

## CONSIDÉRATIONS ÉLECTRIQUES

La description simplifiée de ces divers éléments peut se résumer à des considérations très scolaires autour des notions de puissances, d'impédances, de tensions et d'intensités, de circuits accordés en courant alternatif d'une fréquence donnée, et accessoirement de facteur de vélocité et de pertes pour des lignes de transmission, par nature, imparfaites. Toutes ces notions sont supposées être connues par un radioamateur puisqu'elles sont au programme de l'examen auquel il a été soumis.

## LA CHARGE

L'antenne la plus simple est résonnante, par exemple un conducteur fin dont la longueur électrique est d'une demi-onde. A la fréquence de cette résonance, l'impédance que représente l'antenne est une résistance pure et sa valeur dépend essentiellement de l'emplacement du point d'alimentation, et, dans une moindre mesure, des caractéristiques physiques du conducteur et de son lieu d'implantation. L'impédance est basse (de l'ordre de 70  $\Omega$ ) au centre d'une telle antenne, elle est moyenne (de l'ordre de 200 à 300  $\Omega$ ) au tiers de sa longueur et très élevée (plusieurs milliers d'ohms) à l'extrémité du conducteur. Il n'y a aucune partie réactive dans les impédances ci-dessus puisque l'antenne est utilisée à la résonance.

Dès lors que la longueur du conducteur ne correspond plus à ce qui est nécessaire pour que l'antenne soit résonnante, il apparaît une réactance, qui s'exprime aussi en ohms, et celle-ci est dépendante de l'écart de fréquence qui existe entre la fréquence d'utilisation et la fréquence de résonance de l'antenne. La variation de la réactance en fonction de la fréquence est plus rapide que celle de la partie résistive. Cette réactance est, par convention, négative lorsqu'il s'agit d'un condensateur et positive lorsqu'il s'agit d'une bobine, mais la résistance et la réactance ne s'ajoutent pas arithmétiquement. La représentation d'une telle impédance  $Z$ , dite complexe, peut se faire de différentes façons, la plus connue étant  $Z = R \pm jX$ ,  $R$  et  $X$  étant des valeurs en ohms et la lettre  $j$  pouvant être comprise comme l'indication qu'il ne s'agit pas d'une simple opération d'addition arithmétique entre elles.

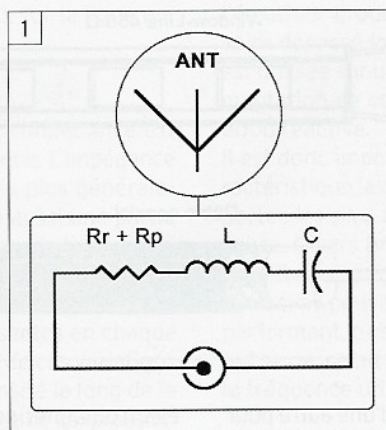
En résumé, une antenne résonnante, ou une charge non réactive se représente par  $Z = R + j0$  (exemples : 73 + j0, 300 + j0), une antenne électriquement courte, donc capacitive, se représente par  $Z = R - jX$  (exemples : 40 - j225, 12 - j2540) et une antenne électriquement trop longue par  $Z = R + jX$  (exemples : 65 + j80, 570 + j812). Ces différents cas peuvent, par exemple, correspondre à un dipôle résonnant installé en espace libre, le même dipôle alimenté aux environs du tiers de sa longueur, un dipôle un peu court, c'est-à-dire utilisé sur une fréquence légèrement plus basse

que sa fréquence de résonance, une antenne très courte car fortement réactive, un dipôle un peu long et enfin une antenne bien en dehors de la fréquence utilisée.

En simplifiant un peu, une antenne peut se représenter du point de vue électrique comme un circuit série composé de deux résistances  $R_r$  et  $R_p$  indissociables, d'une self  $L$  et d'un condensateur  $C$  (voir figure 1). Les deux résistances représentent respectivement la résistance de rayonnement et la somme des pertes dans l'antenne (et seulement dans celle-ci), et l'ensemble LC représente le comportement de l'antenne en fonction de la fréquence.

Ceci matérialise par exemple le fait qu'à la fréquence de résonance la réactance de la self et celle du condensateur s'annulent car elles sont égales en valeur absolue mais de signes opposés, ce qui simplifie l'impédance au point d'alimentation de l'antenne à la seule partie résistive  $R_r + R_p$ , alors que pour une fréquence plus basse c'est la réactance du condensateur qui l'emporte (antenne trop courte,  $Z = (R_r + R_p) - jXC$ ) et pour une fréquence plus haute, c'est la réactance de la self qui l'emporte (antenne trop longue,  $Z = (R_r + R_p) + jXL$ ).

Bien entendu, d'un point de vue électrique, l'ajout soit d'une self soit d'un condensateur dans le circuit d'une antenne modifie sa fréquence de résonance puisque le circuit LC change alors de caractéristiques.



Sur le plan pratique, et si l'on s'en tient, à titre d'exemple, au très simple dipôle alimenté au centre et qui représente une bonne partie des antennes utilisées par les amateurs, soit sous forme d'une antenne monobande résonnante mais aussi sous forme d'une antenne multibande selon divers procédés d'accord, différents cas peuvent se produire en situation réelle et peuvent être résumés ci-après.

### - Antenne résonnante

Tout d'abord, le dipôle peut-être monobande et donc fonctionner à la résonance sur sa fréquence fondamentale. La théorie nous dit que ce dipôle parfait, installé en ligne et en espace libre, alimenté au centre, présente

une impédance purement résistive d'à peu près 73  $\Omega$ . Néanmoins, dans la réalité quotidienne d'un radioamateur forcément limité dans ses ambitions lorsqu'il s'agit de fréquences basses (bandes décamétriques), un dipôle classique, réalisé en fil électrique n'a pas exactement cette valeur d'impédance théorique car les conditions d'installation modifient cette dernière.

Par exemple, la proximité du sol désaccorde l'antenne, ce qui peut être compensé par un ajustement de la longueur de celle-ci, mais elle diminue aussi par ailleurs la partie résistive, exactement comme dans le cas d'une antenne avec un élément parasite (Yagi). Plus encore, le sol réel est un conducteur imparfait et il apporte aussi des pertes, pertes matérialisées par la résistance  $R_p$  évoquée plus haut et placée en série avec la résistance de rayonnement  $R_r$  de l'antenne (résistance non mesurable, mais calculable, qui représente la consommation d'énergie sous forme de rayonnement) et qui jusqu'à présent représentait la totalité de la consommation d'énergie par une antenne parfaite. L'impédance de ce dipôle trop proche du sol devient donc, à la résonance,  $Z = (R_r + R_p) + j0$  avec  $R_r$  bien inférieur à 73  $\Omega$  (rayonnement) et  $R_p$  (pertes) pouvant atteindre quelques dizaines d'ohms, ce qui conduit en fait à disposer d'une impédance qui reste relativement identique pour la partie résistive, de l'ordre de 50 à 100  $\Omega$ , mais dont cette fois seulement une partie consomme l'énergie en rayonnement, ce qui constitue donc une diminution de l'efficacité de l'antenne.



Autre effet, la disposition par exemple en V du dipôle diminue aussi la valeur de la résistance de rayonnement  $R_r$ , ce qui peut constituer une solution intéressante lorsqu'une impédance de 50  $\Omega$  est recherchée, mais ce qui est dangereux pour le rendement de l'antenne dès lors que des pertes sont présentes, ce qui est presque toujours le cas et d'autant plus que le sol est proche. En effet, si 100 % de l'énergie sont consommés par  $R_r + R_p$ , plus  $R_r$  est petite, plus  $R_p$  prend proportionnellement de l'importance. Par exemple, avec  $R_r = 70 \Omega$  et  $R_p = 30 \Omega$ , le rendement est de  $70 / (70 + 30)$ , soit 70 %, alors qu'avec les mêmes pertes de 30  $\Omega$  mais une résistance de rayonnement de 20  $\Omega$  seulement, le rendement est alors réduit à  $20 / (20 + 30)$ , soit 40 % seulement. Mais ce n'est pas tout ! Dans le premier cas, l'impédance vue par l'émetteur ou sa ligne de transmission est de 100  $\Omega$  et dans le deuxième cas de 50  $\Omega$ , ce qui signifie que dans le premier cas le ROS est de 2 pour un émetteur standard 50  $\Omega$ , ce qui est en fait peu important si l'émetteur est conçu pour pouvoir supporter une petite variation de la tension et de l'intensité dans les circuits de son étage final, mais dans le deuxième cas il est de 1, ce qui est parfait d'un point de vue électrique et souhaité par la plupart des amateurs, mais malheureusement représente la mauvaise solution car, dans ce cas, 60 % de l'énergie fournie est consommée en chaleur ! En conséquence, il est important de se rappeler qu'on ne règle pas forcément correctement une antenne en recherchant immédiatement le ROS le plus bas possible.

#### - Antenne non résonnante

Dès lors que la fréquence utilisée ne correspond plus à une fréquence de résonance de l'antenne, fondamentale ou harmonique, et comme expliqué précédemment, il apparaît dans l'impédance présente au point d'alimentation de celle-ci une partie réactive non nulle et d'autant plus importante que l'écart est grand. Cette partie réactive devra être compensée d'une manière ou d'une autre pour permettre un transfert d'énergie maximum. Plusieurs possibilités existent, soit directement au niveau de l'antenne, soit en faisant participer la ligne de transmission au processus de transformation d'impédance. Dans tous les cas, une réactance élevée est source de difficultés, tant en ce qui concerne les pertes que la bande passante du système résultant.

Sachant maintenant que de nombreux cas d'impédances sont possibles au niveau de l'antenne selon ses caractéristiques physiques, l'emplacement de son point d'alimentation, l'éventuel dispositif d'adaptation d'impédance présent à cet endroit ainsi que les conditions d'installation de l'antenne dans l'espace et à proximité du sol, mais aussi tout simplement en fonction de la fréquence utilisée, il est normalement compréhensible que diverses conditions de fonctionnement de la ligne de transmission peuvent exister, avec un certain nombre d'avantages et d'inconvénients selon les cas. C'est ce que nous allons essayer de résumer dans ce qui suit...

## LA LIGNE DE TRANSMISSION

Après avoir vu le comportement électrique d'une antenne, abordons l'influence que celle-ci peut avoir sur la ligne de transmission. Nous avons indiqué précédemment qu'une ligne de transmission pouvait être réalisée de différentes manières (figure 2), par exemple avec des fils parallèles, des fils torsadés, un système coaxial ou même un guide d'onde. Dans les fréquences HF, c'est généralement le câble coaxial qui prévaut, mais chez les radioamateurs, la ligne à

2 fils parallèles est aussi utilisée assez souvent dans des systèmes multibandes et nous verrons dans ce qui suit pour quels motifs.

Il est demandé à une ligne de transmission de transmettre de l'énergie d'un point à un autre avec un minimum de pertes et sans rayonner. N'importe quelle ligne de transmission peut être utilisée entre un émetteur et une antenne si les mesures nécessaires sont prises pour adapter l'ensemble du système à l'émetteur et dans des conditions compatibles avec les tensions et intensités présentes.

Une ligne de transmission est essentiellement caractérisée par son impédance caractéristique, son coefficient de vitesse et son atténuation. Il est utile de ne pas négliger la tension, l'intensité et la puissance maximum pouvant être supportées.

#### - Le câble coaxial

C'est une ligne de transmission composée de deux conducteurs concentriques, l'âme et la tresse, séparés l'un de l'autre par un matériau isolant. Le champ électromagnétique produit par le courant qui circule dans l'âme centrale est compensé en chaque endroit par le champ égal et opposé produit par le courant qui circule en sens opposé sur la surface intérieure de la tresse. À cause de "l'effet de peau", tendance des courants HF à circuler sur la surface d'un conducteur d'autant plus facilement que la fréquence est élevée, ce courant ne pénètre pas suffisamment loin dans la tresse pour apparaître sur la surface externe de cette dernière, surface qui se comporte alors comme un blindage externe.

#### - La ligne parallèle

C'est une ligne de transmission composée de deux conducteurs identiques, séparés l'un de l'autre soit par un matériau isolant, soit tout simplement par de l'air, les fils étant maintenus parallèles. Le champ

électromagnétique produit par le courant qui circule dans l'un des fils est compensé en chaque endroit par le champ égal et opposé produit par le courant qui circule en sens opposé dans l'autre fil.

#### - L'impédance caractéristique

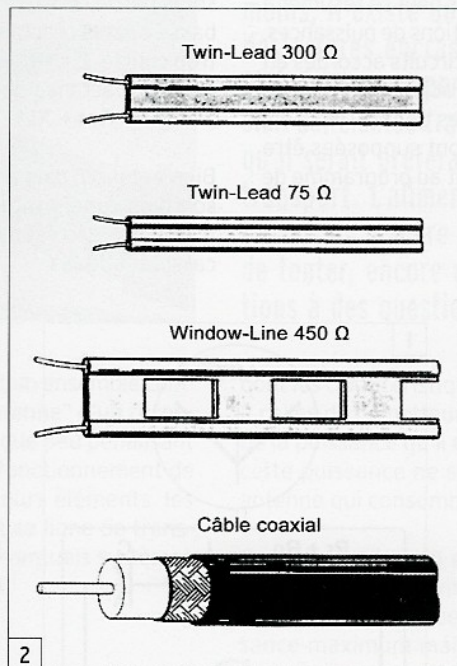
C'est une caractéristique propre à la ligne, indépendante de la longueur de celle-ci, symbolisée par  $Z_0$  et exprimée en ohms, et qui est fonction de la constitution physique de la ligne. Ce n'est pas une résistance que l'on peut mesurer avec un ohmmètre ! Dans la pratique, il arrive que l'impédance d'une ligne ne soit pas parfaite et totalement constante sur toute la longueur de celle-ci, une tolérance de quelques pour cent est habituelle.

#### - Le coefficient de vitesse

L'énergie qui parcourt une ligne de transmission se déplace à une vitesse inférieure à celle de la lumière. Le coefficient de vitesse permet de calculer la longueur physique d'une ligne de transmission qui est toujours plus courte que la longueur électrique souhaitée. Le coefficient de vitesse est en général de 0,65 à 0,70 pour les coaxiaux courants, de 0,85 à 0,95 pour le twin-lead et de 0,97 pour une ligne isolée à air, parfois nommée "échelle à grenouille".

#### - L'atténuation d'une ligne

Toutes les lignes de transmission ont, à des degrés divers, des pertes. Les pertes augmentent avec la longueur de la ligne, la fréquence du signal transporté et l'éventuelle désadaptation avec la charge. Elles sont proportionnellement insignifiantes pour la



2



ligne à air, faibles pour le twin-lead, raisonnables pour le câble coaxial 11 mm, non négligeables pour le câble coaxial 8 mm et proprement catastrophique pour tout ce qui ressemble à du fil d'éclairage ou de téléphone à deux conducteurs sous plastique. L'utilisation de deux câbles coaxiaux juxtaposés dont seules les âmes sont utilisées n'est pas non plus une solution intéressante car l'isolant qui sépare les conducteurs est alors un sandwich de divers matériaux dont les tresses conductrices et le Vinyl de protection externe des câbles font partie, et de surcroît l'isolant interne peut se charger rapidement d'humidité car n'étant pas protégé à ses extrémités par les prises coaxiales habituellement utilisées sur des câbles indépendants.

Il faut aussi noter que les pertes d'une ligne ont un effet qui peut être particulièrement trompeur : elles diminuent la valeur du ROS mesuré à la sortie de l'émetteur, donc au pied de la ligne, exactement comme le ferait un atténuateur placé entre l'appareil de mesure et l'antenne.

#### - La ligne adaptée

C'est une ligne terminée par une charge dont l'impédance est purement résistive et de valeur égale à son impédance caractéristique. L'impédance vue par la source est identique à celle de la charge quelle que soit la longueur de la ligne. Ce mode de fonctionnement est dit "en ondes progressives" car le niveau de la tension et de l'intensité à un instant  $t$  est constant tout le long de la ligne et le ROS présent sur celle-ci est de 1 puisqu'il correspond au rapport entre les minimum et maximum de tension (ou entre les minimum et maximum d'intensité) présents sur la ligne qui dans ce cas sont identiques.

#### - La ligne désadaptée

C'est une ligne terminée par une charge dont l'impédance est différente de l'impédance caractéristique de la ligne. L'impédance de la charge peut être purement résistive mais plus généralement, dans le cas d'une antenne, elle comporte aussi une partie réactive. La puissance qui atteint la charge n'est pas totalement absorbée par celle-ci et le reliquat repart le long de la ligne vers la source (puissance réfléchie), avec pour principal effet de modifier les valeurs des tensions et intensités présentes en chaque endroit de la ligne. La représentation graphique de ces variations cycliques d'amplitude de la tension ou de l'intensité le long de la ligne ayant une apparence "d'onde" est à l'origine de l'expression "ondes stationnaires". Une ligne désadaptée n'est pas en soi un problème sous réserve que les éléments concernés (émetteur, ligne et antenne) puissent supporter les modifications de tensions et d'intensités qui y sont associées. L'impédance vue par la source est différente de celle de la charge et dépend de la longueur de la ligne et de ses caractéristiques. Seule une longueur multiple d'une demi-longueur d'onde permet de retrouver la même impédance. Le ROS est constant tout le long de la ligne si celle-ci est sans perte ou diminue progressivement lorsque la mesure s'éloigne de la charge si la ligne apporte des pertes, celles-ci étant d'autant plus importantes que la ligne est longue.

#### - Le rapport d'ondes stationnaires

Comme indiqué ci-dessus, le Rapport d'Ondes Stationnaires (ROS) correspond au rapport entre les valeurs maximum et minimum de la tension (ou bien de l'intensité) le long de la ligne. C'est une valeur comprise entre 1 et l'infini. La mesure du ROS s'effectue relativement facilement, sauf pour les faibles valeurs où les résultats sont souvent faux sur les appareils courants. Le ROS est une indication de la désadaptation d'une ligne. Le ROS ne fournit aucune information sur le fonctionnement d'une antenne, c'est-à-dire sur son rayonnement et son rendement (électrique). L'antenne peut être excellente, mais mal alimentée. Elle peut aussi être déplorable, mais bien alimentée. Si l'antenne est remplacée par une charge purement résistive et correctement blindée, le ROS sera excellent quelle que soit la fréquence mais les résultats nuls en terme de possibilités de liaison radio.

Il faut aussi remarquer qu'une ligne de transmission en twin-lead, d'impédance caractéristique de 300  $\Omega$ , chargée par une antenne disposant d'une impédance de 300  $\Omega$  à son point d'alimentation, ne sera le siège d'aucun ROS (1/1), alors qu'un ROS-mètre courant disposé à l'autre extrémité de la ligne affichera un superbe ROS voisin de 6 si la ligne a des pertes insignifiantes car ces appareils sont calibrés pour des mesures sur des lignes coaxiales 50  $\Omega$  en dehors desquelles leurs indications sont fausses. Dans le cas indiqué ici, il suffit d'effectuer une adaptation d'impédances entre l'émetteur et la ligne pour disposer d'un système d'antenne fonctionnant en ondes progressives, ce qui est en opposition avec les informations fournies à tort par le ROS-mètre.

#### - L'influence du ROS sur les pertes

Lorsque le ROS est de 1, les pertes dans la ligne sont celles qui sont spécifiées par le constructeur, en fonction de la longueur de celle-ci et de la fréquence utilisée. Mais en présence de ROS, les pertes qui apparaissent dans les mêmes conditions de longueur et de fréquence sont plus élevées et d'autant plus que le ROS est lui-même élevé, et pour un ROS donné, ces pertes sont fonction des pertes initiales de la ligne lorsqu'elle est adaptée (ROS de 1). À titre indicatif, pour un morceau de câble de RG-58 d'une longueur de 30 m ayant une atténuation de 2,2 dB à 28 MHz avec un ROS de 1, les pertes passent à 5,7 dB lorsque le ROS est de 10 et à 8,2 dB lorsque le ROS est de 20 ou, exprimées en pourcentage, ces pertes représentent respectivement 40 %, 73 % et 85 %, soit dans ce dernier cas 15 W qui atteignent l'antenne alors que l'émetteur produit 100 W. Or un tel ROS est facilement approché voire dépassé lorsqu'une antenne, alimentée par un câble 50  $\Omega$ , est utilisée sur une fréquence telle que l'impédance au point d'alimentation de cette dernière est élevée dans sa partie résistive et/ou réactive.

Il est donc important d'utiliser la ligne ayant une impédance caractéristique la plus proche de celle de la charge et disposant des pertes les plus faibles dès lors qu'une possibilité de ROS élevé existe. Divers bricolages peuvent certes permettre de satisfaire l'émetteur et faire délivrer à ce dernier sa puissance nominale, mais ceux-ci ne peuvent que rarement aboutir à un système d'antenne performant, c'est-à-dire sans trop de pertes, à moins de savoir ce qui se passe au niveau de l'antenne et de la ligne en fonction de la fréquence utilisée, et d'en accepter les contraintes.

## CONCLUSION

Pour disposer d'un système d'antenne qui rayonne à peu près correctement l'énergie que lui envoie l'émetteur, il faut d'abord avoir quelques idées sur les caractéristiques de l'antenne concernée et sur son comportement en fonction de la fréquence utilisée, en particulier s'il s'agit d'une antenne multibande. Avoir une idée sur l'impédance présente à son niveau pour chaque bande de fréquences envisagée est nécessaire. Ensuite, et en fonction de ces informations, les caractéristiques souhaitables pour la ligne de transmission utilisée, essentiellement son impédance caractéristique et son atténuation, seront ainsi plus facilement déduites. Le ROS, dont la ligne sera le siège, n'est en fait qu'un indicateur de certaines précautions à respecter, mais en aucun cas un constat de mauvais fonctionnement. Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler que bon nombre de stations d'émission utilisées avant les années 70 n'ont jamais été équipées d'un quelconque ROS-mètre sans que cela ait nui à leur efficacité...

Enfin, il ne faut pas oublier qu'il n'a été évoqué ici que des problèmes électriques et qu'une antenne, efficace ou non, alimentée correctement ou non, ne rayonnera correctement, même le peu d'énergie qu'elle reçoit et qu'elle accepte de rayonner, qu'en étant correctement installée dans un espace le plus libre possible et suffisamment éloigné du sol.

Francis FÉRON, F6AWN