L'évaluation des performances d'une antenne décamétrique

Qu'attendre des moyens radioamateurs ?

INTRODUCTION

Être radioamateur, c'est d'une part être légalement autorisé à effectuer des émissions radio au moyen d'antennes rayonnantes, et d'autre part se servir de ces émissions pour effectuer des travaux pratiques personnels dans la plupart des domaines concernés et en tirer des enseignements. Le reste n'est qu'amusement.

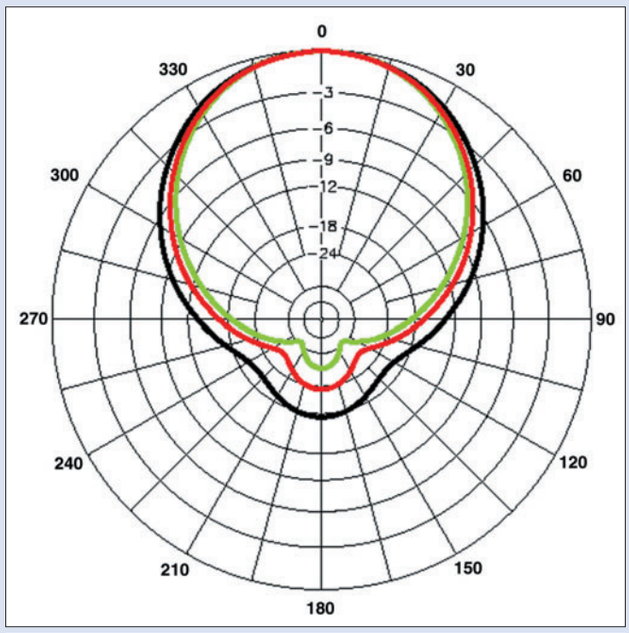
L'antenne est le pilier même d'une station d'amateur. Sans antenne, point de signaux se propageant à distance. Sans antenne, point de radioamateur. Avec une seule antenne, plus ou moins définitive et peu ou pas modifiée à la moindre occasion, presque plus de radioamateur non plus.

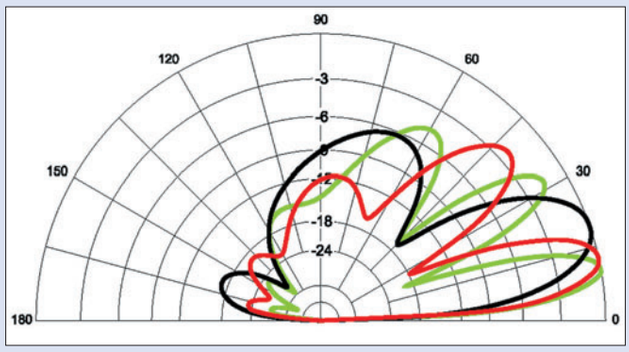
Au-delà des contacts radio qu'elle permet de réaliser dans de plus ou moins bonnes conditions, l'antenne est aussi un objet d'étude, d'expérimentation à titre personnel et de discussions collectives. S'il y a bien un élément d'une station de radioamateur qui suscite de nombreuses questions et de nombreux essais, c'est l'antenne. Mais s'il y a bien un domaine pour lequel l'amateur, et occasionnellement aussi le professionnel, est bien démuni, c'est celui de l'évaluation du champ électromagnétique produit par une antenne HF (bandes décamétriques).

RADIOAMATEUR : UN CAS PARTICULIER

Contrairement aux professionnels, le radioamateur utilise les bandes HF pour établir des liaisons de toutes sortes, en terme de distances, d'orientations et d'horaires. Ces liaisons sont dans leur quasi-totalité réalisées par voie ionosphérique, c'est-à-dire avec au moins une réflexion sur les couches ionisées de l'atmosphère, dans des conditions dictées par la propagation du moment. Les possibilités sont si vastes qu'une seule antenne ne peut suffire, ni pour toutes les bandes, ni pour toutes les distances, ni pour toutes les orientations. Les possibilités techniques en matière d'antennes sont elles-mêmes très vastes, et ceci conduit logiquement à essayer sans cesse de trier le bon grain de l'ivraie, en fonction des circonstances d'utilisation. Le résultat attendu en priorité d'une antenne est sans aucun doute de permettre de recevoir et d'émettre des signaux utiles avec

Le présent article entend simplement essayer de montrer qu'il est possible d'estimer, de manière humble et raisonnable, les performances d'une antenne HF avec des moyens à la portée des radioamateurs. Toutefois, il ne faut pas oublier que *les antennes décamétriques sont presque aussi différentes que ceux qui les utilisent*, et il est, en conséquence, utopique de supposer pouvoir établir des relevés incontestables et généralisables pour une antenne donnée, indépendamment de son lieu et conditions d'installation. Néanmoins, des tendances générales doivent pouvoir être dégagées de manière acceptable, afin d'être réellement utiles.





1 et 2 — Diagrammes de rayonnements (horizontal et vertical) obtenus par un logiciel de simulation.

•M274 28 Perf ant déca.ID33 28 05/12/16, 16:17

la plus grande force possible mais aussi avec le moins de puissance fournie, dans la direction et à la distance souhaitées, sur la fréquence choisie. Chaque radioamateur a une antenne à proposer, bien entendu presque parfaite lors de l'utilisation qu'il en fait, mais rarement reproductible à l'identique.

L'ANTENNE, DANS SON SYSTÈME

Par système, nous voulons relever le fait que l'antenne d'un radioamateur ne peut que très difficilement être exclue de son environnement, la plupart du temps contraignant, et de son mode d'alimentation souvent imparfait et intégrant de plus en plus des accessoires d'adaptations d'impédances situés à distance de l'antenne. Il est donc important, dans toute tentative d'évaluation, de bien tenir compte de l'ensemble des éléments du système et de les décrire correctement afin de pouvoir pondérer les résultats.

L'ESSAI D'UNE ANTENNE

Quelle soit de réalisation personnelle ou manufacturée, l'antenne dispose d'un certain nombre de caractéristiques qu'il est nécessaire de connaître. Ses caractéristiques électriques, mais aussi ses performances sont malheureusement largement fonction du lieu et des conditions de son installation. En fait, une antenne prise isolément en tant que telle n'est qu'une partie du système qui va rayonner ou recevoir de l'énergie radioélectrique. Et c'est toute la difficulté de l'évaluation des performances d'un tel appareil, car sur les bandes HF, et chez les radioamateurs, il est très difficile de l'extraire de tout ce qui peut agir favorablement ou non sur ses résultats, par exemple la proximité du sol, son homogénéité et sa qualité, les masses avoisinantes, le moyen d'alimentation utilisé, etc.

Le problème de l'évaluation est donc de plusieurs ordres : relever les caractéristiques électriques, essentiellement l'impédance au point d'alimentation pour différentes fréquences, est réalisable à peu près correctement, mais relever les performances en terme de rayonnement (ou captation) est beaucoup plus difficile, or c'est justement ce que chaque utilisateur potentiel aimerait connaître et qui plus est pour tous les endroits du monde !

LES CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES

Il apparaît, à la lecture des notices des constructeurs, ou mieux encore des résultats d'essais publiés par des organismes ayant une bonne expérience en la matière, par exemple l'ARRL, que les points caractéristiques généralement retenus pour une antenne sont les suivants :

Les caractéristiques physiques :

- les dimensions.
- le poids.
- la qualité des matériaux.
- la surface, s'il y a lieu.
- la résistance au vent, s'il y a lieu.

Les caractéristiques électriques :

- l'impédance au point d'alimentation.
- le relevé du ROS, sous forme d'une courbe couvrant toute la bande amateur considérée, ou bien au moins sous forme de la bande-passante disponible pour une valeur caractéristique (en général, le ROS de 2 est utilisé).
- la puissance HF maximum admissible, pour un signal constant.
- le gain, par rapport à un dipôle ou l'antenne isotrope.
- le rapport Avant/Arrière, s'il y a lieu.
- le rapport Avant/Côté, s'il y a lieu.
- le gain en élévation.
- le ou les angles de départ favorable(s).

Bien entendu, il semble logique de disposer aussi de la description de l'antenne en tant que telle, description complète et incluant tous les éléments qui participent à son fonctionnement et dont les caractéristiques seront fournies.

LES OUTILS DISPONIBLES

Relever tout ou partie des caractéristiques d'une antenne telles qu'indiquées ci-dessus nécessite tout de même un peu de matériel. Le radioamateur n'est pas totalement démuni à cet égard, même s'il n'a pas toujours parfaitement conscience de toutes les possibilités dont il dispose avec l'équipement de base de sa station radio. Parmi les caractéristiques à relever, certaines vont poser des problèmes, mais n'allons pas trop vite, nous y reviendrons un peu plus loin.

Une station radioamateur est constituée au minimum d'un transceiver (émetteur-récepteur), d'une charge 50 ohms non rayonnante et d'un TOS-mètre/Wattmètre. La partie récepteur peut, de son côté, être dotée de quelques particularités (S-mètre, AGC débrayable, un ou plusieurs atténuateurs). De plus en plus souvent, quelques appareils et accessoires supplémentaires sont à portée de main, comme par exemple un mesureur d'impédance (souvent appelé analyseur d'antenne), quelques atténuateurs calibrés (1, 3, 6, 10 dB) individuels ou à commutation. Mais ce qui est certain ou presque, c'est que très rares sont les radioamateurs qui disposent d'un site spécialisé aux fins d'essais d'antennes, surtout destinées aux bandes décamétriques, site convenant par sa localisation, la qualité de son sol, et les moyens techniques nécessaires (divers pylônes télescopiques, appareils de mesure performants, moyens de calculs, etc.).

Face aux véritables difficultés d'effectuer des tests valides sur des antennes HF, même l'ARRL, pourtant bien connue pour la qualité de ses essais en matière de matériel radioamateur, affiche sa prudence en matière de banc d'essai d'antennes (QST, juillet 2005, page 66) en des termes que nous pourrions traduire ainsi :

"Pendant de nombreuses années, les essais publiés dans QST ont tenté d'éviter les discussions sur les performances des antennes. Cela n'a pas été dû au manque d'intérêt de nos lecteurs ou des membres de notre équipe. Cela était plutôt le résultat de notre manque d'un banc d'essai convenable pouvant fournir des données incontestables de la qualité qu'étaient en droit d'attendre nos lecteurs en la matière. Ces dernières années, les possibilités de simulation et de modélisation à l'aide d'un ordinateur sont arrivées à un niveau tel que nous croyons maintenant que les résultats de ces simulations peuvent être utilisés dans certaines conditions pour remplacer des données obtenues sur site. Nous pensons que les antennes constituées d'éléments linéaires, c'est-à-dire celles sans trappes, bobines de charges ou tronçons de lignes complexes, peuvent être modélisées avec succès. Les autres antennes peuvent être modélisées aussi, mais seulement si nous connaissons tous les détails de la construction des trappes et bobines. [...] Récemment, QST a décidé d'accepter de publier des publicités contenant des indications relatives aux performances d'antennes sous réserve que ces valeurs soient validées par une simulation et modélisation appropriées."

Il faut donc se rendre à l'évidence : faute de pouvoir appréhender correctement tous les paramètres qui entrent en ligne de compte dans le fonctionnement d'une antenne sur d'aussi basses fréquences, faute de disposer de sites spécialisés et de moyens de mesure sophistiqués du champ produit tout autour de l'antenne, pouvant aller jusqu'à allier l'hélicoptère, le GPS et l'informatique, il faut bien se résoudre à utiliser des simulateurs pour estimer le comportement d'une antenne du point de vue de

•M274 28 Perf ant déca.ID33 29 05/12/16, 16:17

3 — Analyseur d'antenne : l'un des plus connus, le MFJ-259B.

son diagramme de rayonnement. Et une remarque s'impose : la maîtrise d'un logiciel de modélisation nécessite des compétences et de l'expérience, et il est indispensable que l'utilisateur connaisse parfaitement les limites à ne pas dépasser, les lacunes du programme utilisé et les erreurs qui pourraient en découler. Modéliser et simuler avec quelques chances de réussite est plus facile lorsqu'on connaît à peu près les grandes lignes des résultats probables. La simulation et la modélisation ne remplacent pas le bon sens.

Tout de même, en matière d'évaluation de champ rayonné, le radioamateur un peu expérimenté a sa place. L'ampleur et la diversité des contacts potentiels qu'il est à même de réaliser sont un atout sérieux, à condition que lui-même mais aussi ses correspondants soient capables de noter la force des signaux reçus avec un peu de sérieux, sur la base d'un S-mètre étalonné correctement, ce qui nécessite dans tous les cas quelques travaux pratiques sur le récepteur utilisé. Et dans tous les cas, ce ne sont pas les valeurs brutes qui sont utiles, mais leur variation par rapport à des changements connus, tels le passage alternatif entre deux antennes différentes ou le changement de direction de l'antenne lorsque cela est possible. Enfin, même des statistiques sur la facilité avec laquelle certains types de QSO et avec des antennes différentes sont effectués peuvent dégager des tendances, pour autant que les essais soient réalisés dans des périodes de propagation à peu près stable.

L'UTILISATION DES OUTILS

Laissons de côté les caractéristiques physiques, elles sont simples à vérifier. En fait les vrais problèmes sont au niveau de la robustesse des matériaux utilisés et de leur longévité. Il est toujours surprenant de voir comment certaines parties d'antennes peuvent se dégrader au bout de peu de temps dès lors qu'elles sont en extérieur.

La mesure de l'impédance et du ROS

Ces mesures sont apparemment simples mais elles nécessitent un peu de savoir-faire si des valeurs cohérentes sont souhaitées. Tout d'abord, rappelons que la mesure devrait être effectuée au niveau de l'antenne elle-même, à son point d'alimentation. C'est rarement possible. Alors une autre solution existe : utiliser une ligne de transmission bien calibrée, c'est-à-dire dont la longueur et les caractéristiques sont bien connues et si possible vérifiées. Les mathématiques et surtout les ordinateurs individuels et leurs petits logiciels spécialisés permettent ensuite de remonter à la source par le calcul. Il faut bien connaître non seulement la longueur exacte de câble coaxial utilisé, mais aussi son coefficient de vélocité, son impédance caractéristique et son atténuation en fonction de la longueur. Ce problème d'éloignement étant réglé, nous pouvons passer aux mesures elles-mêmes.

Pour mesurer des impédances, il faut un impédancemètre. Un analyseur d'antenne fait parfaitement l'affaire, par exemple le MFJ-259B, ou encore l'Autek VA1, le Palstar ZM-30.

Pour des relevés de ROS, ces appareils le permettent aussi. Il est bien entendu possible de le faire avec un TOS-mètre derrière un émetteur **utilisé à faible puissance**.

Mais pour faire de bonnes mesures, il faut encore quelques précautions. La première consiste à vérifier les performances du matériel utilisé. Sachant que pour l'impédance nous serons essentiellement intéressés par des valeurs proches de 50 ohms, ce n'est pas difficile de faire quelques essais avec des résistances calibrées dans un premier temps. Pour le ROS, c'est moins simple. La mesure du ROS est assez contraignante et la plupart des appareils grand public ont des limites. Le mieux consiste à utiliser un Bird 43, même s'il n'est pas parfait, et pour plus d'informations à ce sujet, se reporter à l'article paru dans MEGAHERTZ magazine 188 de novembre et 189 de décembre 1998, pages 58 à 60 d'une part, et 56 à 58 d'autre part*. La seconde précaution consiste à limiter au maximum tout risque de présence d'harmoniques issues du générateur (ou émetteur) et le plus simple est d'utiliser un filtre passe-bas à titre de protection. La troisième précaution consiste à éliminer le plus possible la présence d'un courant de gaine et cela passe par l'utilisation de ferrites adaptées sur la ligne de transmission. Enfin, dans le cas des analyseurs d'antenne, il faut se méfier de la détection de signaux puissants, par exemple de radiodiffusion, venant alors perturber les mesures.

Les résultats obtenus au pied de la ligne de transmission calibrée seront transformés par les moyens qui conviennent (logiciel, abaque de Smith, etc.) en valeurs rapportées au point d'alimentation de l'antenne. Si la ligne a une longueur électrique (tenant compte du coefficient de vélocité) exacte d'une demi-longueur d'onde, le calcul est simple : la valeur est identique ou presque. Quant aux mesures de ROS, il ne faudra pas oublier que les pertes apportées par la ligne de transmission diminuent les valeurs trouvées.

La mesure du rayonnement

Comme évoqué précédemment, il est pratiquement impossible de réaliser des mesures sérieuses sur des antennes HF, et surtout sur des fréquences basses, sans des moyens considérables à cause de la taille des antennes et des distances que cela implique en terme de longueur d'onde. Pour les bandes hautes, par exemple supérieures à 14 MHz, il faudra veiller à ce que l'antenne soit installée dans les conditions prévues, et en particulier à la bonne hauteur par rapport au sol. Dans tous les cas, l'antenne dans sa totalité ne sera jamais installée à moins d'1/5 de longueur d'onde, distance en dessous de laquelle elle se comporte de plus en plus mal sur tous les plans (électrique et rayonnement).

Fritzel 5 éléments par BATIMA.

•M274 28 Perf ant déca.ID33 30 05/12/16, 16:17

Pour mesurer l'intensité des signaux produits par l'antenne, et tenter d'en déduire divers gains ou pertes, donc une forme de diagramme de rayonnement, le plus simple consiste à évaluer de manière acceptable un certain nombre de liaisons radio, tant en émission qu'en réception.

En émission, tout repose sur les compétences de l'opérateur distant. Ce qui va être indiqué plus bas pour la réception s'applique bien entendu. Les essais sont la plupart du temps assez simples, effectués avec une porteuse non modulée de 2 ou 3 secondes. La plupart du temps, il s'agit soit de comparer deux aériens différents, dont l'un habituel et bien connu sert de référence, en vérifiant d'abord et en prenant soin ensuite qu'il ne perturbe pas trop le fonctionnement de l'antenne en essai et en tenant compte de l'influence des lignes d'alimentation (pertes éventuelles différentes), soit de comparer la force des signaux selon l'orientation de l'antenne si celle-ci peut être modifiée. Il peut être intéressant de jouer sur la puissance émise pour obtenir une confirmation des variations, par exemple en émettant avec 25 W puis 100 W, soit 6 dB d'écart. Le correspondant en profitera pour vérifier son S-mètre. Il est possible aussi d'utiliser une puissance de 100 W avec le système produisant les signaux les plus faibles puis de réduire progressivement la puissance en utilisant le système qui produit les signaux les plus forts jusqu'à ce que le correspondant relève un signal équivalent, la puissance alors disponible permettant de calculer la variation en dB. Il est important de faire plusieurs fois les mêmes essais et de ne pas les tenir pour significatifs si la propagation est très changeante (QRB). Il faut aussi que les commutations entre deux systèmes soient quasiment instantanées.

En réception, ce qui précède s'applique évidemment, les rôles sont simplement inversés et le correspondant fournit alors un signal de référence. L'essentiel consiste alors à bien utiliser le récepteur pour en tirer des informations significatives. Et cela nécessite quelques précautions. La première consiste à étalonner le S-mètre, car aucun appareil amateur disponible sur le marché n'est capable d'afficher des valeurs correctes sur la totalité de son échelle et sur toutes les bandes amateur. La priorité n'est pas de disposer d'un "S9" bien calibré, mais de bien connaître les écarts de niveau entre chaque point "S". La démarche n'est pas très compliquée : il suffit de disposer d'un signal de référence (générateur HF ou même simple oscillateur sinusoïdal) pouvant faire dévier le S-mètre au-delà de "S9" et de quelques atténuateurs bien calibrés. Les surprises sont au rendez-vous avec la plupart des appareils, de haut de gamme ou d'entrée de gamme. Il n'est pas rare de n'avoir que 2 ou trois décibels d'écart entre chaque point "S" dès que l'on descend en dessous de "S7" et de n'avoir qu'une quinzaine de décibels entre le seuil et "S9" ! Autant dire que la plupart des antennes évaluées avec de tels indicateurs sont généralement merveilleuses. Trouver des atténuateurs n'est pas très difficile, les réaliser non plus, dans la mesure où il ne s'agit de les utiliser qu'en dessous de 30 MHz. Disposer un système commutable est plus pratique. Une excellente description, permettant d'aller bien au-delà des bandes HF avec une précision correcte, a été effectuée par Jacques FOURRÉ, F1ASK, dans MEGAHERTZ magazine n° 125 de juillet 1993 pages 86 à 91*. Une telle réalisation est essentiellement fonction d'une excellente réalisation mécanique, car il faut isoler correctement chaque cellule d'atténuation et câbler très court, et le montage de F1ASK est exemplaire. Rappelons que la valeur "S9" sur les bandes décamétriques correspond à –73 dBm. La seconde précaution consiste à ne jamais se trouver dans une situation où le récepteur est saturé.

4 – Des atténuateurs de fabrication sérieuse.

Il existe une autre manière de faire les mesures mais seuls quelques transceivers le permettent : il faut pouvoir mettre l'AGC en position OFF, le S-mètre n'étant alors plus utilisable, et mesurer la force des signaux au niveau de la BF avec un voltmètre étalonné en dB. L'utilisation d'un voltmètre sélectif, en réglant le récepteur sur une tonalité adaptée, est préférable. Il faut aussi prendre soin de ne pas saturer le récepteur en agissant sur le gain RF, ce qui implique que le récepteur ait cette possibilité.

CONCLUSION

En matière d'essai d'antennes, le bon sens doit primer et la modestie est de rigueur. De nombreux ouvrages de référence existent et la plupart des antennes qui y sont décrites disposent de valeurs pouvant être considérées comme des références fiables. Il n'y a pas de miracle en matière d'antenne. Tout système qui s'écarte de manière significative de la tendance générale est suspect.

Il est par ailleurs évident qu'en matière d'antennes HF, c'est la propagation ionosphérique qui est utilisée. En conséquence, selon les distances et le diagramme de rayonnement des aériens utilisés, la force des signaux émis et reçus peut changer du tout au tout. C'est ainsi que des différences de plusieurs dB voire dizaines de dB peuvent séparer deux antennes différentes pourtant connues pour ne pas avoir vraiment de gain par rapport à un dipôle. Ces gains et ces pertes ne sont significatifs que pour une liaison donnée, c'est-à-dire sur une fréquence, une distance, une date et un instant donnés. Il ne faut pas oublier non plus que les performances d'une antenne varient aussi avec la fréquence, surtout pour les antennes multi-éléments,

Les antennes F6AKH.

et qu'il peut y avoir aussi des différences significatives entre des mesures faites en bas, au milieu ou en haut de la bande. Des différences tout aussi significatives peuvent se manifester selon l'angle incident du signal reçu.

En conclusion, avec des moyens amateurs, seules des analyses statistiques effectuées sur un trafic radio de longue durée permettront de dégager des tendances significatives en complétant des mesures toujours sujettes à discussion. Ceci donne tout son intérêt à la tenue correcte et détaillée du carnet de bord, du LOG amateur, tant sur les reports reçus et envoyés que sur la moindre modification de l'équipement de la station. Le trafic radioamateur peut encore avoir de l'intérêt sur les bandes décamétriques.

BIBLIOGRAPHIE :

- *"The Radio Amateur's Handbook"*, 51e édition, ARRL, 1974
- *"The ARRL Antenna Book"* 16e édition, ARRL, 1991

Francis FÉRON, F6AWN

** Les articles de MEGAHERTZ magazine cités ici sont disponibles en téléchargement sur le site de la revue..*

•M274 28 Perf ant déca.ID33 31 05/12/16, 16:17