

Etude sur les antennes en 2,4 GHz

"Mesurer, c'est connaître" écrivait à la fin du siècle dernier William Thomson, Lord Kelvin, particulièrement illustre par l'introduction de la température thermodynamique ou absolue, la seule effectivement mesurable au sens rigoureux du terme (introduction d'un exposé d'André Turcat, grand pilote d'essais récemment décédé et qui a, entre autres choses, réalisé le premier vol de Concorde).

Il y a quelques années, j'avais mené une étude sur les antennes travaillant en 27, 35, 40, 41 et 72 MHz, afin de comprendre leur fonctionnement. Les résultats avaient fait l'objet d'un article dans un MRA des années 70. Nous rencontrons, particulièrement dans la bande 72 MHz, des pertes de contrôle à proche distance aux conséquences souvent funestes. A cette époque, j'avais consulté un spécialiste des télécommunications du CNES et je lui avais décrit que la perte de contrôle s'effectuait toujours lorsque le modèle était à une dizaine de mètres de hauteur et à environ 75 mètres de distance de l'émetteur. Donc, à très proche distance. En observant comment je tenais mon émetteur, il a trouvé la cause de mon problème : compte tenu de la fréquence 72 MHz et que je pointais l'antenne vers le modèle, le diagramme de rayonnement de celle-ci présentait un trou de propagation exactement dans sa direction. Son conseil : tourner l'antenne sur le côté et légèrement en arrière, afin que celle-ci ne pointe plus vers le modèle. Et je n'ai plus jamais connu de problèmes... Mais cela me laissait "sur ma faim" car je voulais mieux comprendre le phénomène. Tout naturellement, cette quête a débouché sur des mesures prenant la forme de diagrammes de rayonnement (1) qui mettaient parfaitement en évidence le trou dans l'axe de l'antenne en 72 MHz, voire de sensibles affaiblissements dans les autres bandes.

Un banc d'essai pour le 2,4 GHz.

Le passage à la nouvelle bande 2,4 GHz, donc une fréquence beaucoup plus élevée que le 72 MHz, ne pouvait que susciter des interrogations sur la directivité nécessairement accrue des antennes. Avec Michel Morlot, ancien ingénieur au Centre d'essais en vol à Brétigny, nous avons développé un banc de mesure assurant le relevé de diagrammes de rayonnement dans la bande 2,4 GHz.

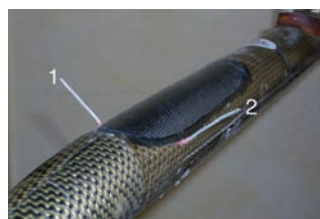
Plus d'un an de travail entre sa conception et sa mise au point tellement les problèmes techniques à régler ont été nombreux. Le cœur du système est constitué d'un matériel FrSky : récepteur D8R II avec télémesure et émetteur Taranis (travaillant en puissance réduite, soit 1/1000 de la puissance nominale). Ce matériel a été choisi pour sa souplesse d'utilisation, ses nombreuses possibilités, sa facilité d'exploitation sous Excel, mais aussi son faible coût. Le récepteur reçoit le signal de l'émetteur et mesure le niveau de réception (RSSI). Le récepteur télémesure renvoie alors vers l'émetteur le niveau du signal reçu et, dans notre cas, également la tension de la batterie de réception qui permet de façon très simple de repérer le début de la mesure.

En activant la fonction enregistrement, l'émetteur réalise l'acquisition des données au rythme de 10 points par seconde. Le logiciel d'exploitation a été développé sous Excel par Michel.

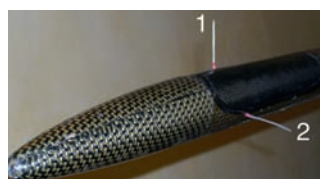
Le matériel de mesure.

Pour établir le diagramme de rayonnement d'une antenne, il convient de la faire tourner lentement sur elle-même dans un milieu le plus isotrope possible (c'est-à-dire que l'antenne doit voir un espace homogène sur 360 degrés) et d'enregistrer le niveau de champ qu'elle reçoit. Un milieu non isotrope autour de l'aérien générerait des déformations du diagramme, ce qui est rédhibitoire pour réaliser de bonnes mesures. Dans ces conditions, tous les éléments constitutifs du système de mesure (récepteur, accu 6 volts NiMh/1000 mA, interrupteur de mise en marche, câblage, module d'adaptation pour la mesure de la tension d'alimentation et différents accessoires) sont placés dans un boîtier métallique cylindrique à bords arrondis et couvercle bombé (Ø 90 mm et 40 mm de hauteur), faisant cage de Faraday. Ainsi, seule l'antenne à tester sort à l'extérieur du boîtier de mesures. Pour parfaire le système, nous avons fait en sorte qu'aucun élément métallique ne pénètre dans le boîtier, ainsi, les commandes (arrêt /marche du récepteur et top de début de mesure) sont toutes réalisées avec des tiges en plastique. Ce n'est que dans ces conditions, que nous avons pu obtenir des diagrammes corrects.

Le boîtier du système de mesure est fixé sur un plateau tournant qui s'appuie sur un socle. Pour éviter toutes réflexions électromagnétiques, le plateau et le socle sont en bois. La rotation du plateau est assurée par un petit moteur électrique réduit fixé sur le socle, provenant d'un servo Graupner Bellamatic tout ou rien des années 60. Le moteur est alimenté par un élément



Les deux antennes 2,4 GHz sortent à 90° sur le dessus du nez du planeur.



En virage à gauche, l'antenne 1 reste verticale ce qui permet une bonne réception, l'antenne 2 est horizontale et reçoit donc un signal plus faible. On le constate sur le diagramme n°3.



En virage à droite, c'est l'antenne 1 qui est horizontale et la 2 qui passe verticale (ici l'antenne 1 est masquée par le fuselage). Donc, quelle que soit la configuration en vol, cette disposition d'antenne en V à 90° au dessus du fuselage garantit la meilleure réception.



Le banc d'essais artisanal réalisé par l'auteur pour effectuer ses mesures.

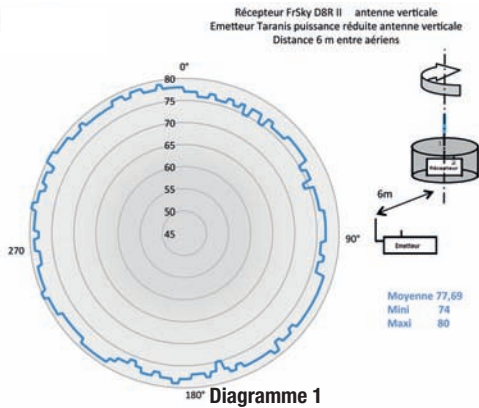


Diagramme 1

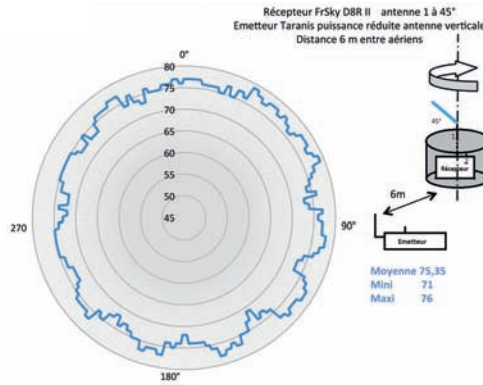


Diagramme 2

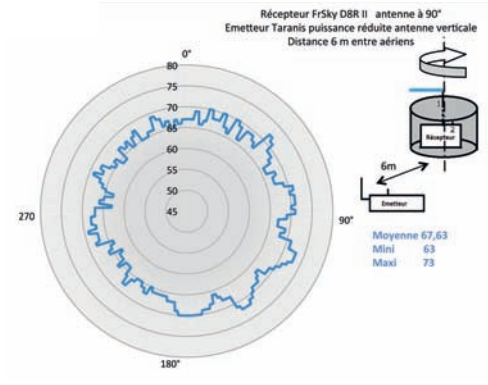


Diagramme 3

Ni-Mh ; une résistance, placée en série, ajuste la vitesse de rotation du plateau tournant (un tour en 75 secondes environ). Le plateau tournant repose sur 3 points : 2 petites roulettes et une durite carburant placée sur l'arbre de sortie du moteur réducté. De plus, pour repérer le début de mesure, un doigt, fixé sur le socle, permet de déclencher un microswitch solidaire du plateau tournant. Ce premier microswitch envoie une très courte impulsion électrique vers un petit servo tout ou rien solidaire du socle. Ce servo, via une tige plastique, tire sur un second microswitch placé dans le boîtier de mesure qui a pour rôle de court-circuiter une diode placée dans le fil plus de la batterie 6 volts, afin de provoquer une courte variation de la tension d'alimentation. A l'exploitation, cette variation de tension est détectée et donne le début de la mesure.

Les mesures et résultats assortis...

Au début de l'expérimentation, nous avons travaillé avec les deux antennes du récepteur. Cela signifiait qu'à un instant donné nous ne savions pas dire exactement celle qui était utilisée par le récepteur. Les diagrammes relevés étaient donc directement liés à la logique de sélection des antennes (2) par le récepteur. Dans ces conditions, il nous était très difficile d'analyser et de bien comprendre les diagrammes élaborés. C'est pourquoi, nous avons dû séparer les variables et donc de ne travailler désormais que sur une seule antenne à la fois, l'autre étant rendue inopérable par déconnexion au récepteur. Le diagramme 1 montre le diagramme réalisé avec antenne émetteur et antenne 1 du récepteur (l'antenne 2 du récepteur

étant déconnectée), placées verticalement en condition de colinéarité : celui-ci est logiquement parfaitement circulaire, ce qui démontre la validité du moyen de mesure développé. Le léger décentrage constaté sur ce diagramme (environ 2 dB ; le dB étant le quantum de résolution de la télémessure) s'explique par la non parfaite verticalité de l'antenne de réception pendant la mesure.

La première application du banc de mesures porte sur la qualification du thermorétractable utilisé pour protéger les antennes de réception (voir Aéromodèles N° 105). Il s'avère que plus le thermo rétractable est de couleur sombre, plus l'atténuation du signal reçu est forte. Ainsi, avec du thermorétractable de couleur noire, l'atténuation atteint 3 dB, ce qui n'est pas négligeable. En utilisant le thermorétractable transparent conseillé, la perte est quasiment nulle. De plus, celui-ci reste souple après rétraction, ce qui est bien plus favorable à la longévité de l'antenne qu'un matériau rigide.

La seconde application porte sur l'évaluation d'une configuration utilisée fréquemment avec les planeurs, à savoir antenne émetteur verticale et antennes du récepteur en Vé à 90 degrés (Voir photo p.17).

On constate que les antennes (identifiées 1 et 2) sont placées selon le plan de symétrie vertical du planeur, de façon qu'en virage à droite ou à gauche à 45 degrés, l'une d'elles soit toujours verticale, ce qui est optimum selon le diagramme n°1.

Le diagramme n° 2 montre le diagramme de l'antenne 1 lorsque le planeur est à l'horizontale (antennes à 45 degrés de part et d'autre du plan de symétrie). En fait, les diagrammes des antennes 1 et 2 sont identiques à 180 degrés

près. Ceci signifie qu'à partir du diagramme de l'antenne 1, il est possible d'en déduire celui de l'antenne 2, simplement en faisant subir au diagramme de l'antenne 1 une rotation de 180 degrés. Le diagramme de l'antenne 1 ressemble encore beaucoup à celui du diagramme 1, mais avec un affaiblissement moyen d'environ 2 dB et quelques légères ondulations entre le 90 et le 180 degrés, vraisemblablement dues à une légère non homogénéité de l'espace. Le diagramme 2 est donc très satisfaisant et confirme la bonne disposition des antennes en vol à plat (Voir photo P17).

Le diagramme 3 montre le diagramme de l'antenne 1 horizontale, c'est-à-dire planeur en virage à 45 degrés droit. En virage à 45 degrés gauche, c'est l'antenne 2 qui serait horizontale et donc avec un diagramme identique à celui de l'antenne 1, mais déphasé de 180 degrés. Dans cette configuration, le diagramme ressemble encore à celui du diagramme 1, mais avec un affaiblissement moyen de 10 dB. Dans ces conditions, le récepteur dispose donc, selon le sens du virage, de l'antenne 1 ou de l'antenne 2 en configuration verticale, ce qui est très favorable.



Pour ces essais, l'antenne de l'émetteur était en position verticale.

Des essais intéressants à poursuivre...

Ainsi, avec seulement les trois diagrammes réalisés, nous sommes capables d'apprécier complètement la qualité de la configuration proposée, qui se révèle donc ici très correcte. Il en sera évidemment de même avec d'autres configurations, en particulier celle de l'antenne émetteur placée à l'horizontale (cas des antennes intégrées dans le boîtier émetteur). Ainsi, dans les prochains articles, je présenterai les travaux réalisés avec le moyen de mesures que nous avons développé, par exemple les gains constatés entre différentes antennes amovibles, les améliorations possibles sur les antennes de réception, les résultats obtenus avec différentes configurations d'antenne émetteur, etc.

■ Jean Rousseau

(1) Le diagramme d'une antenne est la représentation de son rayonnement en dB sur 360 degrés. Il montre, en particulier, les affaiblissements du champ radioélectrique dans certains secteurs. Ces altérations du champ expliquent les éventuelles pertes de portées (mises en évidence dans le cas de la bande 72 MHz, il y a quelques années). Le dB définit en fait un rapport, à savoir :
- 6 dB : rapport 2 en portée
($20 \log 2 = 20 \times 0,3 = 6$ avec log 2 en base 10)
- 10 dB : rapport 3 en portée
- 20 dB : rapport 10 en portée
- etc.

(2) La logique du récepteur utilisé évite de sauter en permanence d'une antenne sur l'autre. En fait, tant que l'antenne prise en compte par le récepteur reçoit un niveau supérieur à une valeur donnée, celui-ci reste sur cette antenne, même si le niveau reçu par la seconde antenne est meilleur. Tout cela pour éviter des changements d'antennes inutiles et donc de possibles perturbations de fonctionnement. De toute façon, nous travaillons en numérique et le signal est simplement décodable ou ne l'est pas. Si le signal peut être décodé, l'information est nécessairement fiable.