

Le 2.4GHz en question ?

François Cahour

La bande de fréquence 2.4GHz utilisée très largement en radiocommande de nos modèles apporte de nombreux avantages, mais aussi des inconvénients touchant la sécurité des vols.

Parmi les avantages : la possibilité de voler à plusieurs émetteurs sans le souci de devoir se renseigner sur la fréquence des autres usagers comme c'est le cas avec les ensembles travaillant dans les bandes inférieures VHF.

Les systèmes 2.4GHz utilisant des modules RF et un codage issu du Wifi permettent en effet par différentes dispositions, l'utilisation simultanée de plusieurs ensembles de radiocommande à proximité l'un de l'autre.

Le 2.4GHz est peu sensible aux perturbations dues aux motorisations électriques : le spectre radioélectrique des variateurs et des moteurs avec ou sans ballais se situe très loin du spectre des systèmes RC en 2.4GHz. A ces fréquences, la puissance des perturbateurs vue par le récepteur est très en dessous du seuil de sensibilité. Même remarque pour les allumages des moteurs thermiques.

Les fréquences images liées aux changements de fréquence des récepteur VHF ne sont plus des causes de brouillage, alors qu'elles étaient fréquentes en cas de concentrations d'émetteurs sur un terrain.

Enfin se généralise un processus de dialogue automatique entre l'émetteur et le récepteur qui autorise la retransmission au sol d'éléments contribuant à la sécurité du vol. Tension de la source d'alimentation réception avec alarmes programmables dans l'émetteur en cas de franchissement de seuil programmés : baisse sensible de cette tension, niveau du signal reçu par le récepteur trop faible. La transmission de position GPS, de données d'altitude atmosphérique, de vitesse, d'accélération et de bien d'autres paramètres dont l'interprétation par le pilote peut apporter plus de sécurité.

Oui mais :

Ces améliorations indiscutables **ne sont réelles que si la liaison entre l'émetteur et le récepteur s'effectue correctement**. Sur pratiquement tous les terrains de modélisme, des pilotes ont signalé des pertes de liaison aboutissant à des crashes plus ou moins graves. Si on élimine la faute de pilotage en approche parfois « qualifiée » perte de liaison radio, il y a bel et bien des cas où la transmission ne se fait plus. Des pilotes expérimentés en ont fait l'expérience...

Cette absence de liaison est très souvent due à l'affaiblissement du signal perçu par le récepteur. Cet affaiblissement trouve sa principale origine dans les **orientations relatives**

des antennes de l'émetteur et du récepteur. Mais pas seulement. Le rôle du récepteur est de recevoir les signaux radio électriques, de séparer les signaux utiles des signaux adjacents non utiles et de décoder l'information à transmettre aux servomoteurs. Le rôle de l'antenne est ici primordial.

Antenne de l'émetteur et antenne du récepteur :

Une antenne est un conducteur métallique qui rayonne ou reçoit l'onde radioélectrique. Ce conducteur métallique est le siège d'oscillations diverses de toutes les ondes reçues. Ses ondes sont innombrables. Mais selon ses dimensions géométriques et principalement sa longueur utile, l'antenne favorisera certaines fréquences. Sans entrer dans les détails des calculs, il apparaît que la longueur utile des antennes en 2.4GHz se situe autour des 30mm. C'est le petit bout de fil sortant de la gaine de blindage du conducteur de l'antenne qui mesure environ 30mm. Les radios-électriciens disent que cette antenne vibre ou est accordée, ici, sur le $\frac{1}{4}$ de la longueur d'onde. Mais ils disent aussi « ce que vaut l'antenne vaut la station » dicton des radios amateurs (OM) qui ont beaucoup fait progresser la connaissance des ondes radio aux fréquences jugées inutilisables (par les autorités de l'époque) à chaque époque ses limites...

Sur l'émetteur c'est exactement la même chose. Si l'antenne semble plus grosse et est orientable, c'est précisément pour l'orienter manuellement. Il sera facile de constater que en pointant l'antenne de l'émetteur vers le récepteur, situé à une bonne distance, le signal reçu est nettement plus faible. C'est facile à constater si votre ensemble réception retransmet à l'émetteur le niveau du signal reçu.

*Une étude remarquable effectuée par Jean Rousseau a été publiée dans « **Aéromodèles** » N°107 et 108. Il y décrit sa méthode de test des influences de l'orientation respectives des antennes d'émission et de réception.*

Un cas concret :

Le modèle en approche à 50 m se vautre suite à une absence de contrôle par le pilote pourtant expérimenté. Examinons le matériel : l'antenne de l'émetteur est pointée vers le modèle. L'antenne du récepteur est cachée derrière le moteur métallique, la batterie et le contrôleur, qui forment un écran radioélectrique. Le modèle est près du sol voire derrière des buissons qui font aussi obstacle aux fréquences très élevées du 2.4GHz. Et ce n'est pas tout. Peut-être que le fuselage est en carbone ou que l'antenne est en vrac au milieu des fils de servos. Ça fait peut-être beaucoup, mais ça s'est vu...

Comment corriger facilement ce dispositif malheureux ?

Il faut comprendre que l'intensité du champ émis ou reçu par une antenne dépend de son orientation **et** de son environnement. Ceci est valable aussi bien en émission qu'en réception et pour toutes les longueurs d'onde, donc d'antenne accordée. C'est encore plus sensible à mesure que l'on monte en fréquence.

Ci-dessous, le tore dessiné autour des antennes simule la puissance du champ radio électrique émis ou reçu. L'antenne étant disposée verticalement.

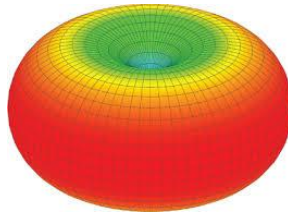
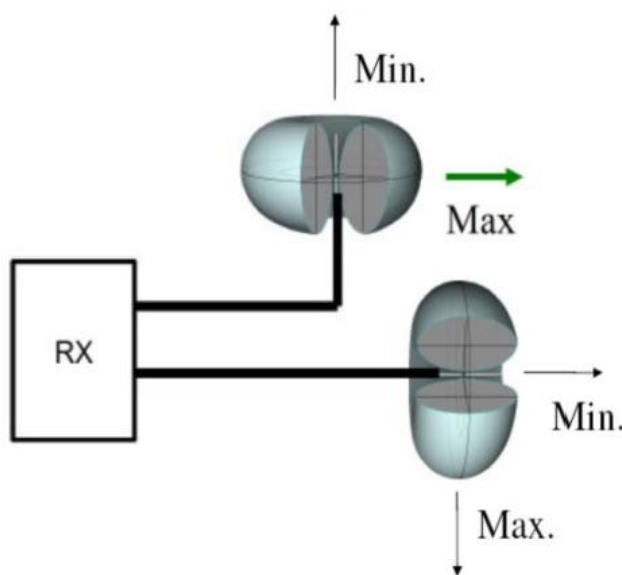
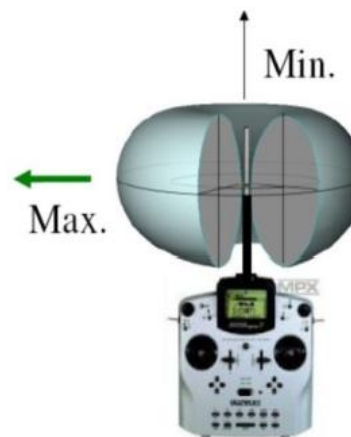


Diagramme de rayonnement d'une antenne

Répartition de la sensibilité du récepteur



Répartition de l'intensité du champ émetteur



Quand les **antennes sont alignées les champs émis et reçus sont minimums**. Donc parfois en dessous du rapport signal sur bruit utilisable par le récepteur qui « décroche ». Avec les récepteurs numériques, ils doivent se reconfigurer et la perte de liaison est plus ou moins longue selon les modèles.

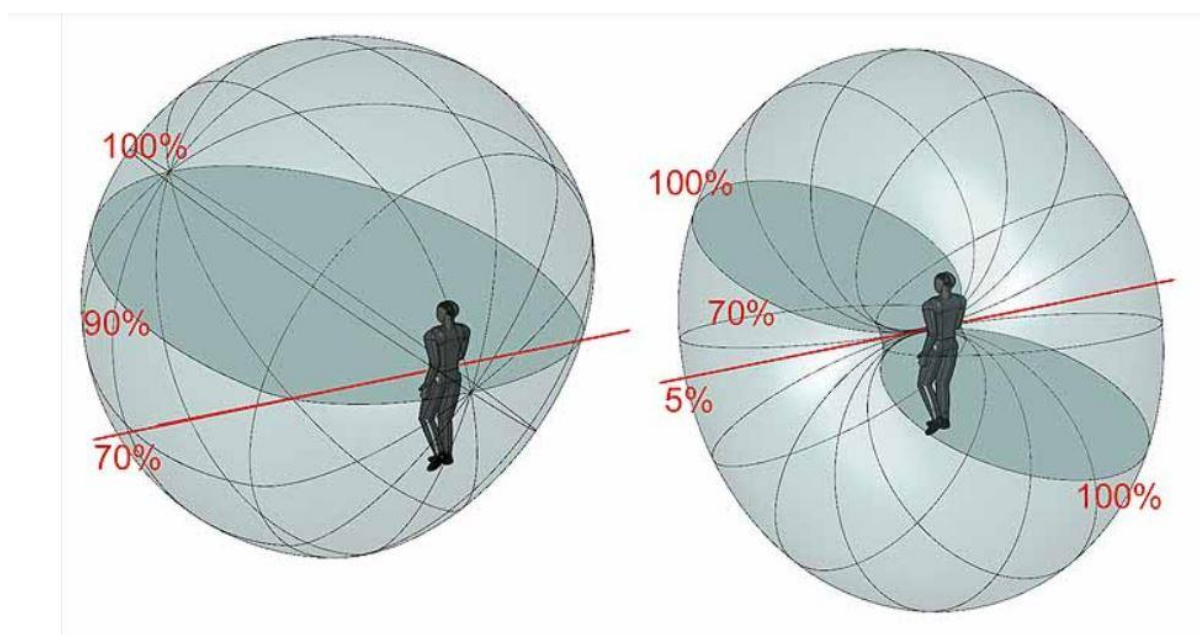
Quand les antennes sont **parallèles entre elles, le champ est maximum**. Le rapport entre le champ le plus faible et le champ le plus fort peut être de 1 à 10 000 selon la distance. Ces antennes ne doivent pas être dans le prolongement l'une de l'autre.

En pratique :

Côté émission, **ne pas pointer l'antenne vers le modèle**. Le brin rayonnant doit être incliné pour **être vu depuis le modèle sur sa plus grande longueur**. A vous d'expérimenter.

Il existe des émetteurs qui n'ont pas d'antenne extérieure. Certains de ces émetteurs utilisent une antenne « patch ». Cette antenne est constituée d'une surface plane conductrice dont les dimensions géométriques favorisent la résonance sur la fréquence à émettre. Cette surface conductrice est parallèle à une autre surface conductrice assurant un plan de masse et une réflexion de l'onde rayonnée. Un peu comme un réflecteur de lampe torche. Ces antennes favorisent la transmission d'un champ plus puissant dans la direction perpendiculaire au plan de l'antenne. Et inversement ces antennes patch atténuent très fortement ce qui vient de l'arrière du plan de masse.

Ce diagramme montre l'avantage d'une antenne patch à gauche sur une antenne monobrin rayonnant à droite.

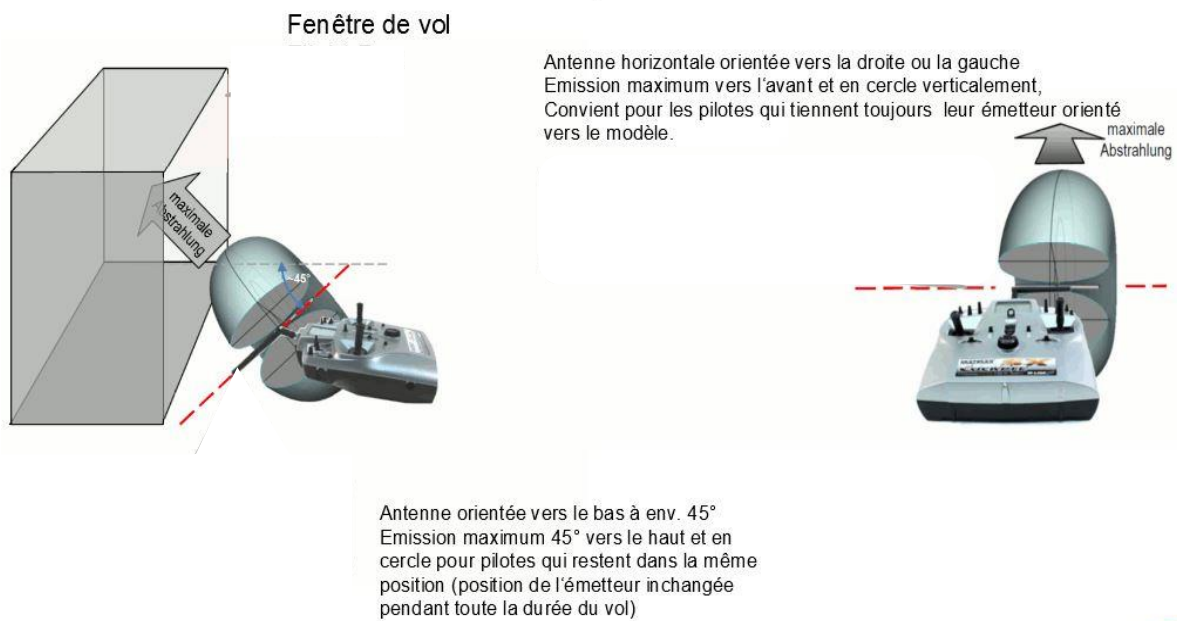


A gauche le champ rayonné en avant est plus important que le champ rayonné tout autour de l'antenne à droite. (Antenne parallèle à l'axe rouge) Ceci à puissance d'émission identique typiquement en France (20dBm soit 100mW) maximum autorisé pour la RC dans cette bande de fréquence.

Avec un émetteur de ce type il ne faut pas tourner le dos au modèle. Cas du cross-country où le pilote se ballade modèle « au bout de l'antenne ». Dans le cas d'une progression de ce type, les dispositifs de maintien de position des servos sont bien utiles. Mais c'est une situation assez rare sur les terrains fréquentés habituellement...

Cas les plus courants :

Positionnement de l'antenne conseillé pour modèles volants

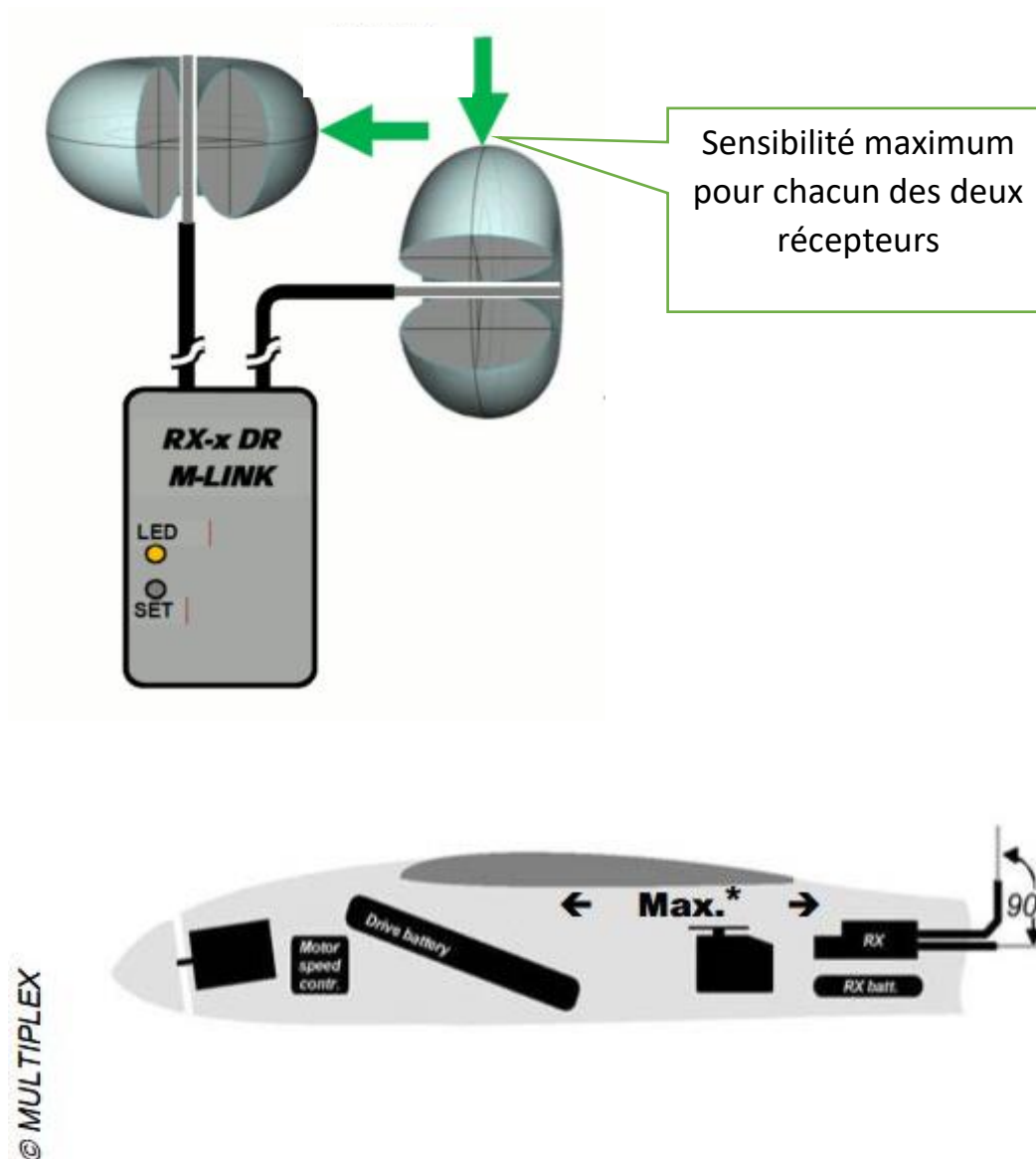


(Illustration à nettoyer)

Dans le modèle :

Le modèle est amené à occuper toutes les positions possibles dans l'espace, ceci très près du pilote ou très loin. Il y aura donc nécessairement des situations où l'antenne de réception pointerait plus ou moins longtemps vers l'émetteur. La solution consiste à avoir **deux antennes placées perpendiculairement l'une à l'autre**. Mais ces deux antennes doivent alimenter deux récepteurs distincts. Une logique interne commutant l'un ou l'autre des récepteurs au dispositif de décodage commun selon la force du signal reçu. Des seuils programmés en interne avec hystérésis évitent des commutations continuelles entre les deux récepteurs. Les récepteurs les plus fiables utilisent cette disposition. Certains constructeurs proposent d'associer deux récepteurs afin de présenter quatre antennes au champ transmis par l'émetteur. Ce sera utile sur les très gros modèles et notamment les jets ou les gros hélicoptères dont le fuselage peut être en carbone et dont la motorisation provoque un effet de masque important.

Pour résumer : utiliser de préférence un double récepteur (surtout si vous volez loin de vous) et **placer les antennes perpendiculairement l'une à l'autre**.



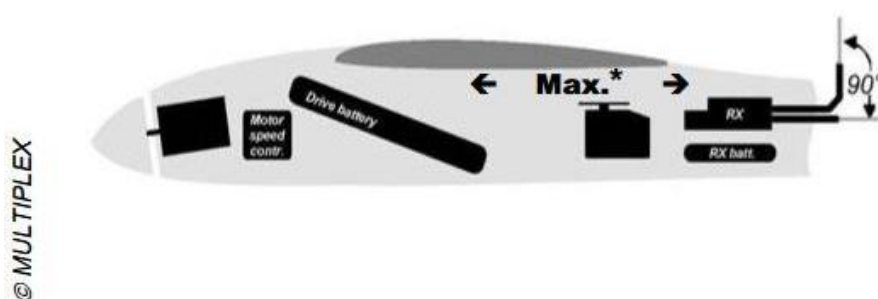
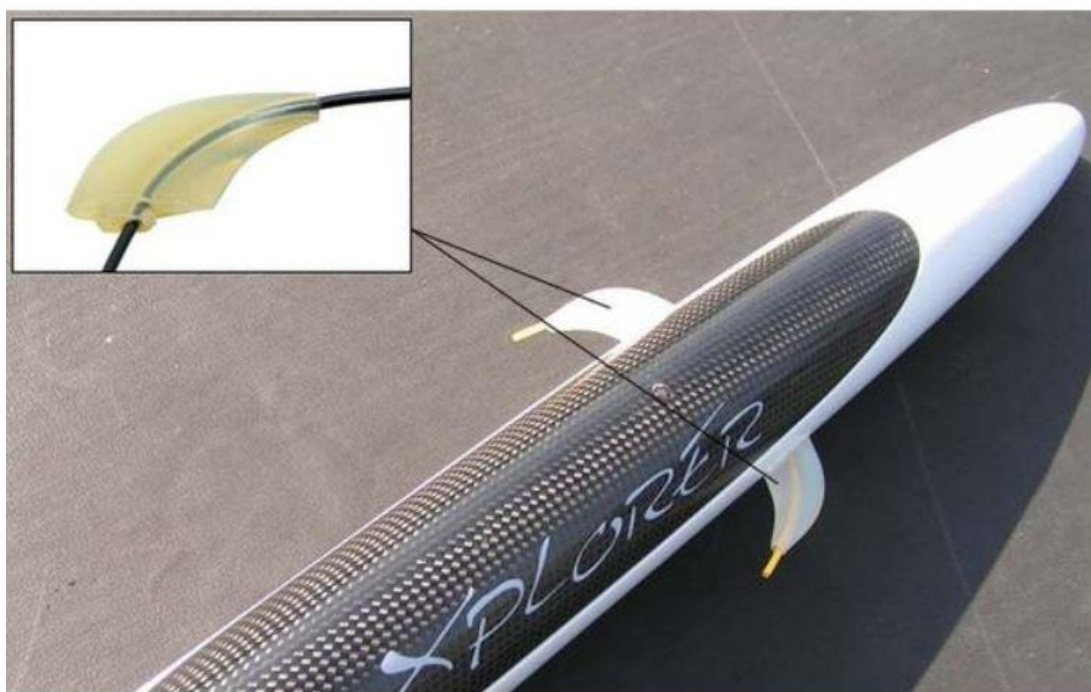
Dans un moto-planeur électrique, récepteur éloigné de la batterie et du moteur avec les antennes perpendiculaire l'une par rapport à l'autre.

Si l'orientation de l'antenne est primordiale, il faut aussi **tenir compte de son environnement immédiat.**

Les fuselages en carbone souvent proposés sur les modèles de compétition, provoquent un effet de masque parfois rédhitoire. Si le fuselage n'est pas entièrement en carbone, de simples renfort ici ou là peuvent aussi créer des effets de masque très gênants.

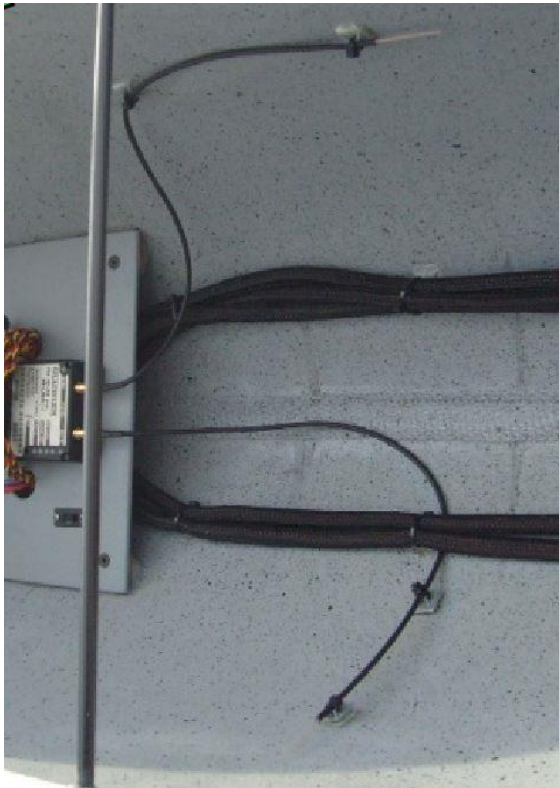
J'ai pour ma part, cassé un modèle pourvu de ces renforts carbone en chassant la bulle au ras du sol en montagne. Le modèle s'est craché après une spirale engagée finissant dans les rochers hors de ma vue. J'ai mis 2 heures pour retrouver les restes du modèle. Comme quoi

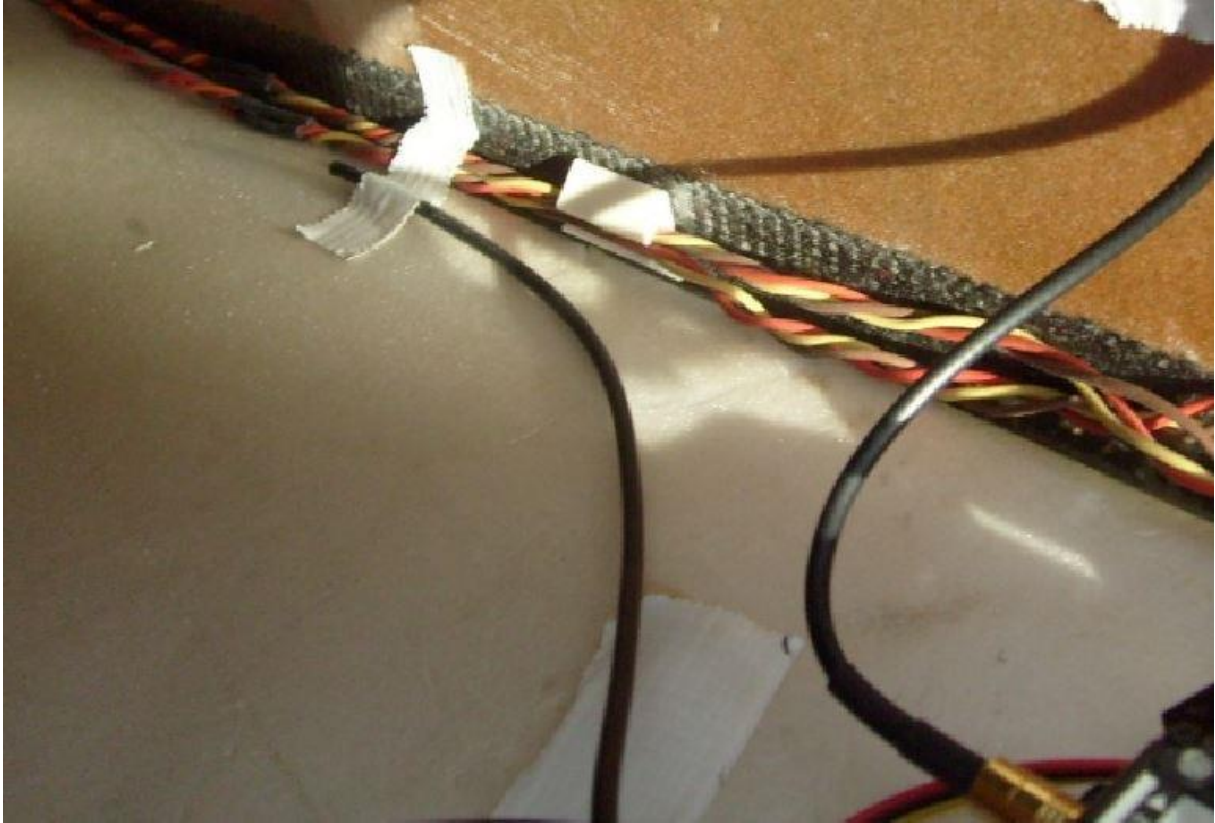
même expérimenté on se fait avoir. J'avais pourtant constaté plusieurs pertes de contrôle mais je croyais pouvoir toujours m'en sortir! Depuis je chasse le carbone dans les fuselages que je construis. Pour les adeptes du carbone, il faut absolument **sortir l'antenne à l'extérieur**, et **ne pas coller le brin rayonnant sur le fuselage**.



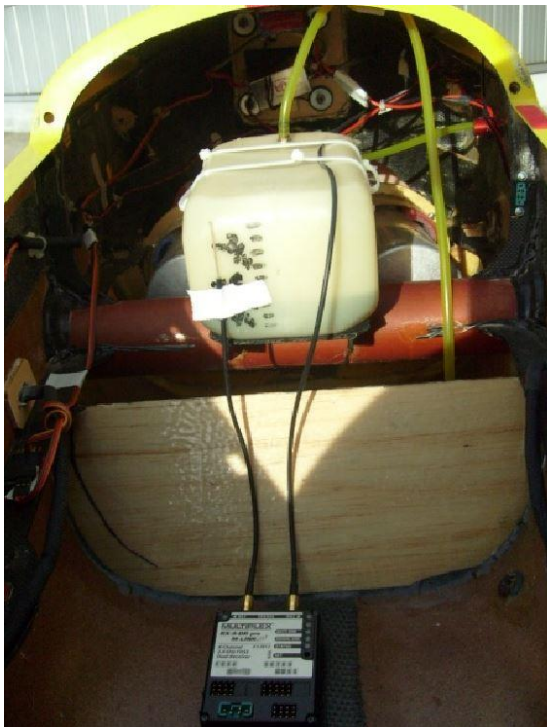
De même il ne faut pas immobiliser le brin rayonnant à proximité de fils de servo ou de commandes par câble métalliques.

*Les antennes sont éloignées l'une de l'autre et montées perpendiculairement l'une à l'autre
Très bonne disposition.*





Antenne trop proche des fils de servo. A ne pas faire.



Ici les antennes peuvent être masquées par le carburant.

Ces recommandations et précautions concernent tous les équipements de radiocommande en 2.4GHz Elles sont donc valables pour toutes les marques. Nous remercions ici particulièrement la société Multiplex pour son autorisation de publication.

Ces différents exemples sont tirés du montage diapos de Andréas Juhl et avec son aimable autorisation. Les illustrations de cet article sont extraites du montage *.ppt de Andréas Juhl que vous pouvez télécharger sur le site de Zhype ici :

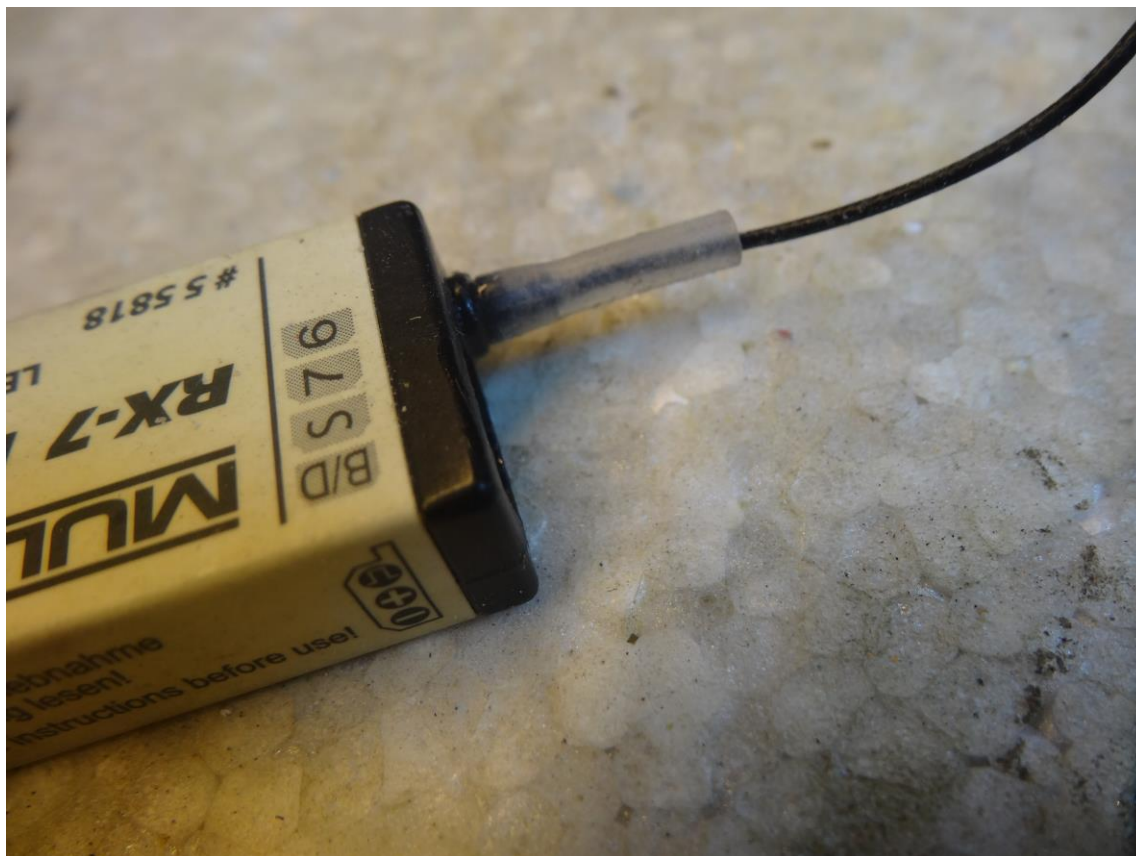
<http://multiplex.zhype.com/ContributionsModelistes.php>



Mais ce n'est pas tout :

Le matériel peut aussi à la longue présenter des anomalies génératrices de crashes. L'antenne mobile de l'émetteur peut se rompre en interne à cause des différentes manipulations (chose exclue avec les antennes patch). Les antennes de réceptions très exposées dans le modèle surtout si on change souvent le récepteur de modèle, peuvent se rompre. Aucune marque n'est à l'abri de ce genre d'incident.





Les traversées en caoutchouc ne sont pas assez souples pour garantir des courbes douces au fil d'antenne. Une bonne précaution consiste à mettre une **gaine silicone sur la sortie passe-fil avant que l'incident ne se produise.**

Dépannage :

En dehors du recours naturel au service après-vente de la marque, il est possible de se dépanner soi-même avec un peu d'imagination. Les ordinateurs portables disposant du WiFi comportent un module Rx Tx et une ou plusieurs antennes dans l'écran. La liaison entre le module WiFi et les antennes s'effectue par un câble coaxial amovible qui peut précisément assurer le rôle de l'antenne de notre récepteur. Les sources de PC portables ne manquent pas. Il est facile de s'en procurer moyennant une participation financière symbolique auprès de l'association Emmaüs qui fait un travail très utile de récupération pour recyclage. Démontez l'écran et récupérez les petits câbles en fil coaxial avec une prise d'un côté. Peu importe la longueur du fil.



Quelques coaxiaux tous récupérés sur un seul écran.

Ci-contre :

En haut câble coaxial récupéré avec sa prise,

En bas l'antenne défectueuse.



Préparation de l'antenne :

Ce qui compte c'est la longueur du fil démunie de sa gaine. Cette longueur doit être de 30mm afin de favoriser la résonance sur la fréquence 2.4GHz.

Dénuder soigneusement le fil d'antenne pour dégager le brin rayonnant sur 30mm.

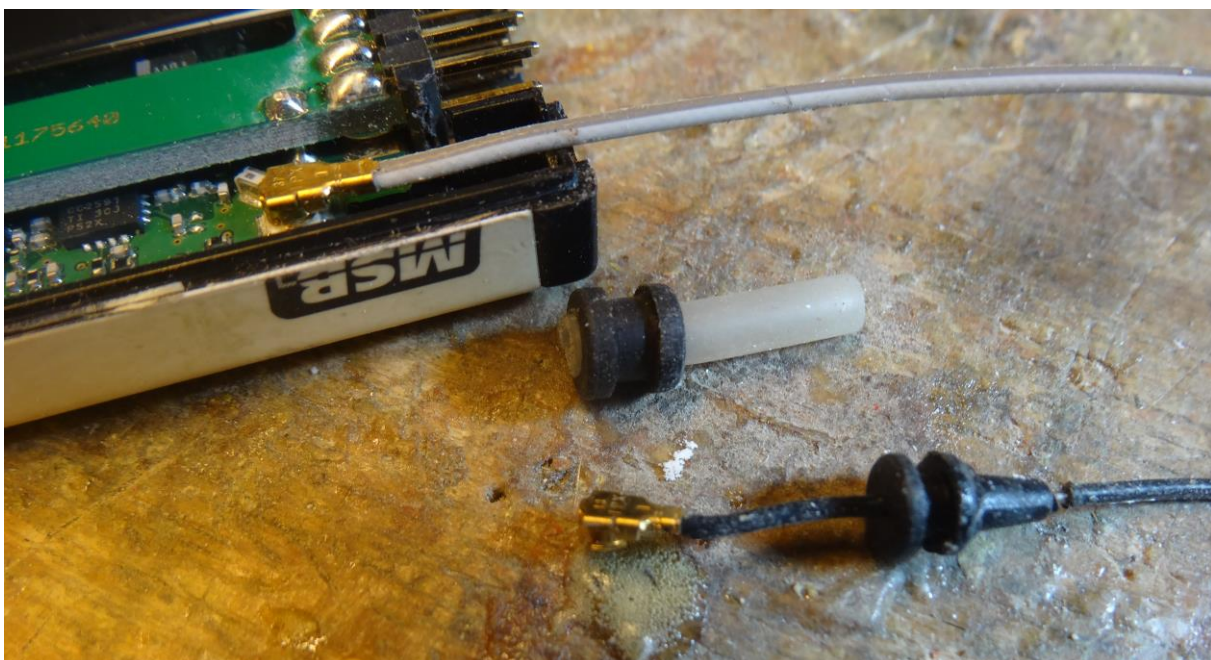
Ne pas utiliser de gaine thermo-rétractable sur le brin rayonnant qui peut avoir un effet de masque plus ou moins prononcé.



Couper les fils fins de la gaine au ras du souplisseau plastique de recouvrement.

Puis remplacer l'antenne en remettant la prise coaxiale miniature à sa place sur la platine du récepteur. Ménager le passage de l'antenne de façon souple au travers du boîtier du récepteur.

A côté de l'antenne défectueuse, le câble coaxial de la nouvelle antenne avant passage de la traversée, constituée d'un morceau de gaine silicone très souple inséré dans un passe fil de servo.



Procéder aux essais indispensables de portée radio en réduisant la puissance d'émission et comparer avec vos résultats d'essais précédents. Essais qui doivent toujours être effectués avec du matériel neuf ou avec du matériel entreposé depuis longtemps. Ces travaux sont facilement accessibles aux modélistes qui ne sont pas de simples consommateurs. Il y a probablement dans votre club un adhérent capable de vous montrer la manipe. Il suffit d'aller à sa rencontre et de partager.

Bons vols.

François Cahour.