

A propos de quelques idées reçues sur les antennes

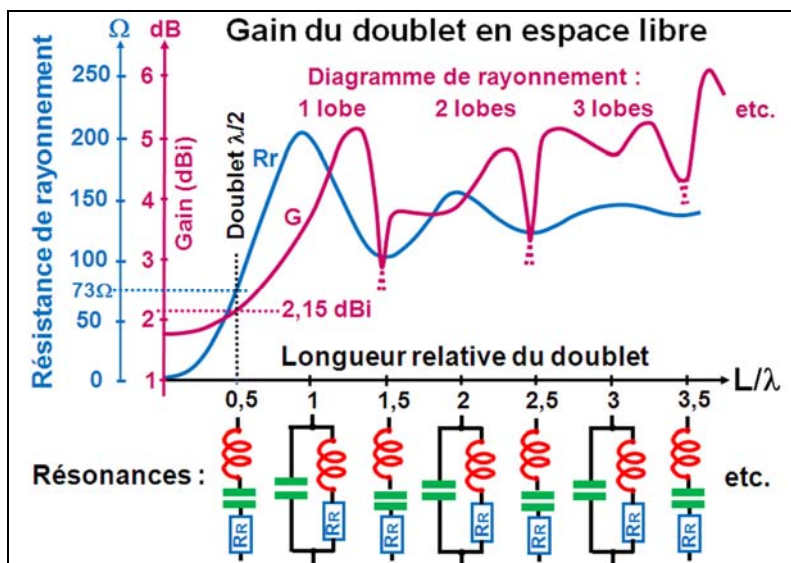
Par Robert BERRANGER, F5NB

Combien a-t-on lu d'articles décrivant la construction d'une antenne parée de toutes les vertus, parmi lesquelles un grand gain, une large bande passante, un faible encombrement, la simplicité du système, etc. Quand ces vertus ne concernent pas une antenne "home made", ce sont celles d'antennes "constructeur" aux performances alléchantes. Certains qui sont honnêtes précisent "dans sa catégorie". Mais c'est rarement le cas pour les constructeurs d'antennes radioamateurs.

Quelques idées reçues (en majorité chez les radioamateurs).

"Mon antenne aura un meilleur gain si elle travaille à la résonance avec un ROS de 1".

Faux, aucune certitude. L'impédance (Z_{ANT}) est liée principalement au champ réactif et beaucoup moins au champ actif (R_R). Mais si la résistance de rayonnement varie en fonction de la directivité, elle n'apporte pas d'indication sur cette dernière. Mathématiquement il n'y a pas de corrélation générale, il n'y a que des corrélations partielles à propos de cas théoriques particuliers. La directivité (donc le gain) d'un système antennaire ne dépend ni de son impédance, ni de son adaptation à l'impédance nominale de charge de l'émetteur. La directivité ne dépend que de la géométrie de l'antenne et de la méthode pour obtenir les courants désirés (amplitude et phase) dans chaque élément. Dans tous les cas, la géométrie impose un gain maximum que l'on ne peut dépasser, quelle que soit la "bidouille" géniale que l'on pense avoir trouvée. Les antennes "miracle" n'existent pas.



Légende : "Gain d'un doublet (L) en fonction de la fréquence (λ)"

"Si mon antenne donne de bons résultats en réception, elle fonctionnera bien en émission".

Faux partiellement, aucune certitude pour la HF. Pour comprendre cela, il faut faire intervenir la notion de "hauteur efficace optimum". En résumé : Le paramètre "hauteur effective" qualifie une antenne à l'émission et à la réception". Quant au paramètre "hauteur efficace" il n'intervient qu'en réception car il prend en compte en plus le transfert d'énergie de l'antenne au récepteur. La hauteur efficace est égale à la moitié de la hauteur effective multipliée par le rendement de l'adaptation au récepteur (rapport puissance récupérée sur puissance disponible). Pour des problèmes dus au récepteur lui-même (facteur de bruit, dynamique) et compte tenu du bruit et des niveaux reçus dans les bandes basses de la HF, on a intérêt à avoir une hauteur efficace très inférieure à la hauteur effective. Exemple pour la bande des 80m : Si l'on utilise une antenne verticale qui a un gain optimisé pour l'émission ($G \approx 1\text{dBi}$), alors il faudra mettre un atténuateur de 30dB en série à la réception (zones urbaines) pour diminuer sa hauteur efficace. Si la hauteur efficace optimum est due à des pertes de 30 dB dans l'antenne, notre système sera optimisé en réception sans mettre un atténuateur. Mais ce sera catastrophique à l'émission car avec une alimentation de 100 W, on ne rayonnera que 100 mW.

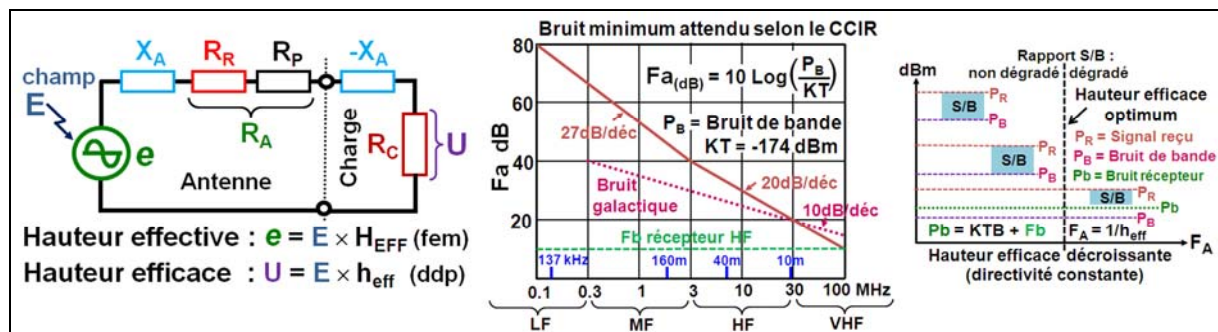


Figure 1 : Bruit de bande et hauteur efficace optimum

Par ailleurs, en ce qui concerne les antennes satellite qui pointent vers l'espace et qui n'ont pas le sol dans leur diagramme de rayonnement, à la réception il faut faire intervenir le bruit provenant de l'espace capté par l'antenne. Ce bruit est lié à la température absolue de la portion d'espace pointée par l'antenne ($\text{Bruit} = K \times T$ dans 1Hz de bande). Pour une antenne qui a le sol dans son premier ellipsoïde de Fresnel (toutes les antennes à propagation terrestre), la température de bruit est de 300 K. Pour des températures de bruit inférieures, l'effet est d'augmenter significativement le rapport S/B pour les bons facteurs de bruits du récepteur (<3 dB). Naturellement cela n'a aucune influence sur la PIRE en émission. Tous les détails ont été donnés dans un article que j'ai écrit sur le bruit ⁽¹⁾.

"Si mon correspondant DX HF a la même station que moi (TRX et puissance) et qu'il me reçoit 2 points S de plus que je le reçois, c'est parce que mon antenne est plus performante"

Faux. Si cela se produisait en liaison "à vue", ce serait dû au dysfonctionnement d'un TRX, l'un en réception ou l'autre en émission, puisque les gains et les polarisations des deux antennes ont la même action dans les deux sens de transmission (comme en VHF fixe). Avec une liaison par réflexion ionosphérique cela est dû à la propagation. En effet, à l'entrée dans l'ionosphère, le signal se partage en deux ondes, l'une appelée "onde ordinaire", et l'autre "onde extraordinaire". Le partage de la puissance entre les deux dépend de la polarisation et de la direction de propagation par rapport aux lignes de force du champ magnétique terrestre au lieu géographique de l'entrée dans l'ionosphère. Dans celle-ci, l'onde extraordinaire subit

plus d'atténuation que l'onde ordinaire et finit par "disparaître". A la sortie de l'ionosphère, la polarisation de l'onde est plus ou moins circulaire, indépendamment de sa polarisation à l'entrée. On peut alors avoir, selon la direction de la liaison, les coordonnées géographiques des deux stations et la polarisation de leurs antennes, une différence allant jusqu'à une dizaine de dB entre les affaiblissements de propagation, indépendamment des conditions autres que des différences entre les puissances de sortie des émetteurs. Par ailleurs, cela confirme que, sauf cas de panne, le S-mètre en valeur absolue qualifie l'état de la propagation et pas la performance d'une station (en valeur relative, on peut néanmoins en tirer quelque chose).

"En augmentant la surface des parties rayonnantes de mon antenne, j'augmente son gain"

Faux. D'une manière générale, en augmentant la surface des brins, on diminue la directivité du système, même si ce n'est pas très significatif au début. Quand on veut faire rayonner une plaque métallique, celui-ci doit avoir une surface importante et l'alimentation doit se faire d'une manière dissymétrique pour générer un "élément de courant" de longueur significative, c'est-à-dire obtenir à partir du point d'alimentation un vecteur courant ayant un module, donc une résistance de rayonnement, suffisamment élevé(e). Alors la surface rayonnera comme si cet élément de courant était celui d'un fil très fin de même longueur. L'erreur qui est faite provient de la confusion entre la "surface de captation" d'une antenne à la réception et la surface, soit de ses brins, soit occupée par son déploiement ⁽²⁾. La surface de captation est une valeur mathématique qui ne dépend que de la longueur d'onde et de la directivité de l'antenne. En aucun cas elle ne dépend de la surface occupée par l'antenne. Un bon exemple est celui de la Yagi qui permet d'avoir une directivité élevée avec une faible surface d'occupation comparée aux antennes losange par exemple ⁽³⁾. La surface de captation sert à déterminer la puissance disponible, en un point donné. En effet, celle-ci est proportionnelle au vecteur de Poynting (exprimé en watts par mètre carré) multiplié par la surface de captation.

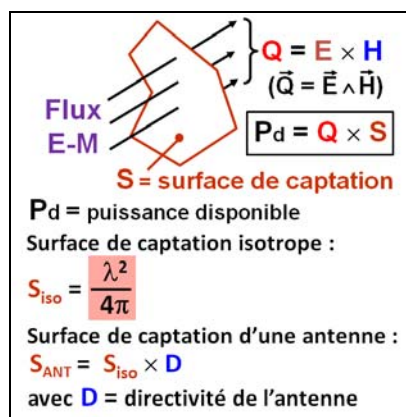


Figure 2 : La surface de Captation

Les antennes raccourcies (boucle magnétique ou fouet) sont moins bruyantes

Faux, bien sûr. Le bruit généré par une antenne est celui de sa résistance de pertes. Plus l'antenne est petite et plus cette résistance est élevée par rapport à la résistance de rayonnement. Si l'antenne semble "moins bruyante" c'est dû, d'une part à sa faible hauteur efficace et d'autre part à son effet de filtrage grâce à son Q élevé (donc affaiblissement des brouilleurs). J'en profite pour dire un mot sur le bruit de bande.

Le bruit de bande (en dehors du brouillage) est composé du bruit industriel, du bruit atmosphérique et du bruit galactique pour les fréquences à partir de 20 MHz (cf. fig. 1). On considère en général qu'il a une provenance isotrope. Dans ces conditions, la puissance de

bruit reçue par une antenne ne change pas avec sa directivité (si le vecteur de Poynting du bruit diminue, le gain augmente dans la même proportion). Comme le signal augmente avec le gain, le rapport S/B augmente aussi avec le gain. En réalité le bruit est plus ou moins directif : le bruit industriel provient en majorité des grandes agglomérations, le bruit atmosphérique des orages tropicaux et le bruit galactique de la voie lactée ⁽⁴⁾. Il est certain que si l'antenne pointe dans ces directions, pour cette cause de bruit, le gain n'améliore pas le rapport S/B. Et si elle pointe ailleurs, elle l'améliore doublement. Même effet avec les brouilleurs (on est quelquefois bien content de pouvoir en "mettre un dans les pointes").

"Une ligne ne rayonne pas"

A moitié vrai et à moitié faux. Tout dépend de la ligne et de la symétrie de la charge.

- Ligne à fils parallèles : Elle ne rayonne pas si son espacement est très petit devant la longueur d'onde, si la charge est symétrique et si elle part à 90° de l'élément rayonnant sur une longueur minimum d'un quart d'onde (tant que les courants circulants dans la ligne sont bien d'amplitudes égales et en opposition de phase sur toute la longueur).
- Ligne coaxiale : En HF où le courant circule à la surface des conducteurs, elle comprend trois surfaces (équivalentes à trois conducteurs). L'une est celle de l'âme du coaxial. L'autre est la surface interne de la gaine métallique du coaxial. La dernière est la surface extérieure de la gaine métallique du coaxial. Les courants circulant sur les surfaces internes sont par principe (loi de Kirchhoff) égaux et en opposition de phase. Mais si la charge est déséquilibrée (pas les mêmes courants dans les brins), alors la différence de courant parcourt la surface extérieure du coaxial, ce qui constitue une antenne par définition (troisième brin). Ce phénomène peut être exploité pour constituer une antenne dipôle dite "à jupe" (aucun conducteur relié à la gaine à la sortie du coaxial). Mais le plus souvent il est involontaire et c'est ce qui explique les performances "contre nature" d'un système antennaire composé d'une antenne "ridiculement petite" connectée à un câble coaxial d'une longueur non négligeable devant lambda. La forte dissymétrie de l'antenne entraîne un courant de gaine et l'on obtient finalement un système qui rayonne d'une manière acceptable malgré la mauvaise qualité du contrepois (l'antenne que l'on a achetée). Mais gare aux retours de HF à l'émetteur ! (selon la longueur du câble coaxial).

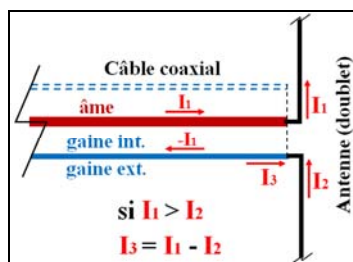


Figure 3 : Rayonnement du câble coaxial

- Ligne "strip-line". Elle est composée d'un conducteur parallèle à une certaine distance d'un plan réflecteur très bon conducteur et grand par rapport à lambda. Ce système se comporte comme une ligne à fils parallèles d'espacement double (théorie des images). Elle ne rayonne pas. Mais si le réflecteur n'est pas parfait, comme le sol par exemple, les choses changent. Si une onde de sol (polarisation V) arrive dans le sens de la ligne, alors les propriétés de réflexion du sol, différentes pour les polarisations V et H, font que la polarisation s'incline de plus en plus en allant vers le récepteur. Au final une tension est induite dans le conducteur parallèle. Par ailleurs, en dessous d'une certaine incidence, une onde polarisée H, du fait de la profondeur de sa pénétration dans le sol

(la réflexion se fait selon un arc de cercle et non un angle vif) et avec une longue ligne, les différentiels de phase "induisent" un courant dans le conducteur. Mais dans les deux cas, les résistances de rayonnement sont très faibles comparées à la longueur de la ligne. Ce phénomène est exploité avec une ligne chargée par son impédance caractéristique : l'antenne "Beverage". Son rendement est médiocre et c'est pourquoi elle n'est pas utilisée en émission. Mais en réception des MF/VLF/LF, c'est plutôt un atout. Son principal avantage reste son installation facile près du sol. Elle est mono directive, cela est un avantage ou un inconvénient selon le trafic que l'on envisage. On peut aussi en monter deux en croix et intervertir l'alimentation et la charge, ce qui nous fait quatre directivités possibles. Elle demande beaucoup de place. C'est une "antenne des champs" et pas "des villes".

"Si l'on dispose derrière l'antenne de réception un grand réflecteur plan perpendiculaire à la direction de l'émetteur, on obtient sur le trajet E-R des ondes stationnaires aux conséquences similaires aux ondes stationnaires dans une ligne."

Faux. Lisez la suite calmement, jusqu'à la fin, avant de crier au crime de lèse-conventions. Dans une ligne, le champ E-M propagé correspond à la puissance dissipée dans la charge, et celle-là seulement. Les courants et les tensions liés à cette puissance sont constamment en phase tout au long de la ligne, quel que soit le taux d'ondes stationnaires. C'est la puissance transmise. Si la charge est égale à l'impédance caractéristique de la ligne, l'énergie correspondant à cette puissance existe seule. On dit que la ligne travaille en onde progressive. C'est une convention car elle travaille toujours en onde progressive pour la puissance transmise à la charge (c'est évident). Cette puissance est donc constante tout le long de la ligne (U et I invariables) et ce, quel que soit le ROS. Si la charge est désadaptée à l'impédance de la ligne, pendant la période transitoire l'énergie fournie par la source n'est pas entièrement transmise à la charge ⁽⁵⁾. Cette énergie, supérieure à l'énergie en transit (celle qui sera rayonnée), est une constante et reste dans la ligne tant que le signal est stationnaire (U invariable et $\Delta\varphi=0$). Si l'on déconnecte la ligne de la source, l'énergie stockée se dissipe alors dans l'antenne ⁽⁶⁾. L'énergie réactive peut éventuellement donner lieu à des échanges avec la charge et avec la source, mais avec un bilan neutre sur une demi-période du signal. Dans la ligne, l'énergie réactive se combine avec l'énergie active en transit pour former des ondes stationnaires qui se sont établies pendant la période transitoire et qui resteront tant que le signal sera stationnaire, c'est-à-dire tant que nous conserverons un parfait synchronisme. A certains endroits de la ligne (tous les quarts d'onde) l'énergie réactive s'annule (soit U_R , soit I_R , sont nuls). A chaque endroit de la ligne, la combinaison des deux énergies entraîne un déphasage entre U et I et une variation de leur écart de phase relatif φ qui est nul quand l'énergie réactive est nulle (impédance réelle). En tout point, on obtient la puissance transmise grâce à la formule classique $P=U \times I \times \cos(\varphi)$. Cette puissance est constante le long d'une ligne sans pertes.

Pour les spécialistes, on peut aussi raisonner avec les champs et le vecteur de Poynting. A l'intérieur d'une ligne, les vecteurs H (liés à I) des deux conducteurs s'ajoutent et les vecteurs E (liés aussi à I) s'annulent ⁽⁷⁾. Par contre les champs électrostatiques E_s liés à la différence de potentiel (U) entre les conducteurs s'ajoutent. Il se trouve qu'ils forment avec le champ H une onde plane ayant un vecteur de Poynting dirigé vers la charge avec un module $P = H \times E_s$. Si la charge est désadaptée, le vecteur de Poynting est complexe. Mais sa partie "réelle" correspond à l'énergie dissipée dans la charge et elle est bien constante le long de la ligne. Quand nous avons affaire à une onde E-M propagée, le vecteur de Poynting est égal à $H \times E$ (**et pas E_s**). Or tous les deux dépendent de I et donc ils s'annulent en même temps. En supposant que le résultat de la réflexion entraîne une onde stationnaire importante, à la limite,

la puissance **active** double toutes les demi-ondes et s'annule tous les quarts d'ondes intermédiaires, alors qu'elle reste constante dans une ligne (c'est la puissance **réactive** qui double et s'annule). On ne peut donc pas assimiler une ligne à un guide d'onde et inversement. Les détails feront l'objet d'une série de "Comment ça marche" sur les lignes.

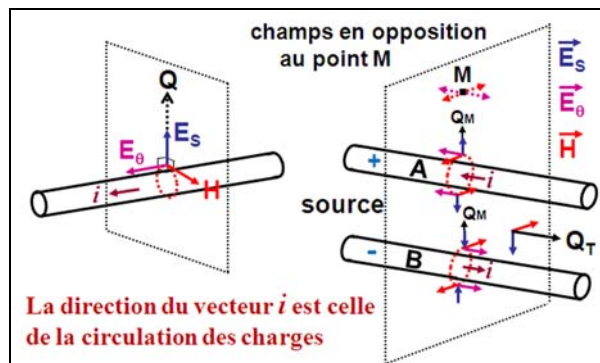


Figure 4 : Champs produits par une antenne et par une ligne

"Si une antenne comporte quelque part une résistance en série égale à son impédance d'entrée, son gain est divisé par deux (-3 dB)."

Faux. Si effectivement le rendement ne peut que baisser, la directivité peut par contre augmenter et compenser en tout ou partie la perte de rendement.

Premier cas : antennes à ondes progressives. Un long fil H avec une hauteur au dessus du sol plus grande que $\lambda/2$ a *grosso modo* une impédance linéique de 600Ω . Si l'on charge son extrémité avec une résistance de 600Ω , la distribution du courant n'obéira plus à une loi sinusoïdale, mais sera constante tout le long du fil. L'antenne deviendra mono directionnelle, donc avec une directivité multipliée par deux. Mais le rendement sera divisé par deux et finalement le gain restera le même. Par contre la bande passante électrique se sera beaucoup élargie et pourra dépasser l'octave, quelle que soit sa directivité, donc son gain (la bande n'est plus limitée par le Q de l'antenne qui est très faible, mais par la variation de son impédance linéique avec la fréquence alors que la charge est une constante).

Deuxième cas : antennes boucles chargées. La plus connue est une boucle trombone avec une résistance en série insérée à l'opposé du point d'alimentation. Il n'y a pas de règle absolue pour la valeur de la résistance qui résulte d'un compromis. La directivité et le rendement varient en fonction de la fréquence selon la longueur du dipôle et la valeur de la résistance. Une antenne du genre "T2FD" (antenne dite "TOS-3") est optimisée pour avoir un ROS ne dépassant pas 3 dans une bande de fréquence située au dessus d'une fréquence de coupure correspondant *grosso modo* à $\lambda/2$ pour l'envergure du trombone. Il n'y a pas de limite théorique pour la fréquence supérieure, mais en pratique, on se contente d'une décade (3-30 MHz par exemple). Si l'on n'a que des bandes restreintes, cas des radioamateurs, on peut optimiser différemment la longueur et la résistance pour avoir un maximum de gain dans ces bandes (YA30 Yaesu, par exemple). On peut disposer l'antenne dans n'importe quelle position, H, V ou oblique (W3HH) avec une polarisation correspondante. La polarisation oblique diminue la directivité (effet recherché), donc le gain ⁽⁸⁾.

"Dans une antenne Yagi, le réflecteur réfléchit les ondes vers le radiateur et les directeurs dirigent les ondes vers le radiateur".

Doublement faux. Les éléments d'une Yagi n'ont aucun effet sur le champ électromagnétique reçu. Par contre le sol est un véritable réflecteur (plus ou moins bon), de même qu'un panneau métallique très grand par rapport à la longueur d'onde. L'effet sera même augmenté avec un

panneau concave en V ou parabolique (l'idéal) ⁽⁹⁾. Par ailleurs un guide d'onde dirige effectivement le champ électromagnétique. Avec une antenne Yagi, on additionne les effets de plusieurs antennes selon leur disposition géométrique dans l'espace. Dans certaines directions ces effets s'additionnent et ils se retranchent pour d'autres. Véritable rôle de chaque élément :

- Radiateur = élément alimenté par le feeder, accordé à F_0 .
- Réflecteur = élément passif accordé à $F_0 - \Delta$, couplé électro magnétiquement avec le radiateur.
- Directeurs = n éléments passifs accordés à $F_0 + \Delta_n$, couplés électro magnétiquement entre eux et avec le radiateur.

La directivité est amenée par la disposition géométrique des éléments et leurs désaccords respectifs (pour obtenir des courants avec les déphasages désirés).

Tous les éléments rayonnent et tous sont alimentés, soit directement, soit par couplages entre eux (mais bien sûr, il en faut au minimum un qui soit alimenté directement).

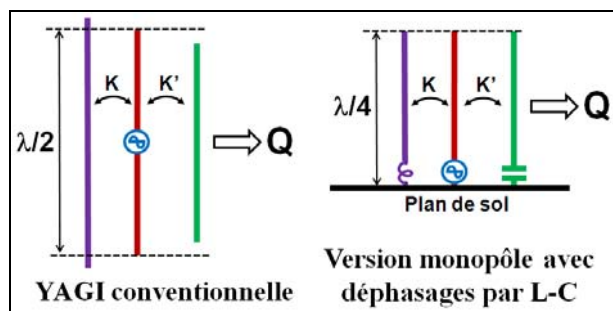


Figure 5 : Principe de l'antenne YAGI

En matière de gain, l'antenne log-périodique est un "must"

Faux. L'antenne log-périodique permet d'avoir un gain raisonnable dans une large bande. Pour un même nombre d'éléments, le gain est d'autant plus faible que la bande est large. En effet pour une fréquence donnée, seuls quelques éléments contribuent à la directivité (cf. fig.6). Pour le radioamateur, cette antenne n'a qu'un avantage : la robustesse (pas de "trucs" et de "bidules" dans tous les coins). Mais cela a un coût et demande des conditions particulières pour mouvoir un tel engin à une hauteur décente.

Les antennes à "réflecteur piloté" ont un meilleur gain

Faux en théorie. En pratique, disposant d'un paramètre de plus, on peut obtenir un meilleur compromis Gain / impédance / rapport AV/AR avec une envergure moindre. Mais on se "bat" pour une fraction de dB. La bande passante électrique est aussi plus large.

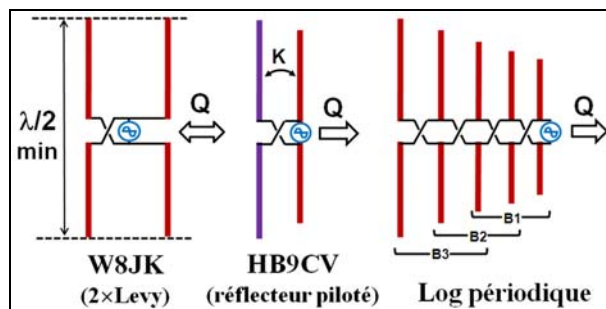


Figure 6 : Réseaux de dipôles alimentés

Les boucles de périmètre lambda ont un meilleur gain (à longueurs de fil égales)

Faux. La "square loop" (quad) a un gain à peine supérieur au doublet $\lambda/2$ (+1,15dBd), ce qui s'explique parce que les deux brins rayonnants ont une longueur de seulement $\lambda/4$ ($\lambda/2$ pour un dipôle) et ne sont espacés que de $\lambda/4$. L'avantage de la quad est ailleurs : diagramme arrondi dans le plan V, ce qui permet un trafic varié en distance. La bande passante électrique est aussi plus large qu'avec une Yagi 2él (pas besoin de couplage E-M entre les brins rayonnants). La "trombone" a le gain du dipôle. Son intérêt réside dans l'augmentation de son impédance d'alimentation et de sa bande passante électrique. Quant aux "delta-loop" leur gain est plus faible que le dipôle. Leur avantage réside uniquement dans leur diagramme de rayonnement qui est presque isotrope (si l'on ne veut pas de directivité, on n'aura pas de gain puisque celui-ci est égal à la directivité multipliée par le rendement).

Les antennes "boucles" ont un angle de tir plus bas

Faux par principe pour celles en polarisation H. L'angle de tir d'une antenne à polarisation H ne dépend que de sa hauteur au dessus du sol. Pour la quad à polarisation H dont seuls les brins H rayonnent, le brin supérieur est à $\lambda/4$ au dessus du brin inférieur. Si la fixation sur le pylône se fait au milieu, pour une même hauteur de pylône, le brin supérieur de la quad sera plus haut que le brin d'une Yagi, d'où l'angle de départ plus bas. Raisonement identique pour la delta-loop. **Pour la polarisation V** où seules les boucles dites "magnétiques" sont utilisées, celles-ci tirent à l'horizontale, comme pour un monopôle vertical au sol, mais en **propagation par onde de sol uniquement**. Leur avantage sur le monopôle réside dans le fait qu'elles ne nécessitent pas de contreponds. La difficulté d'obtenir celui-ci est une cause de mauvais rendement du monopôle au sol. Mais cet avantage ne fait que compenser le mauvais rendement propre de la boucle par rapport à celui du monopôle ⁽¹⁰⁾.

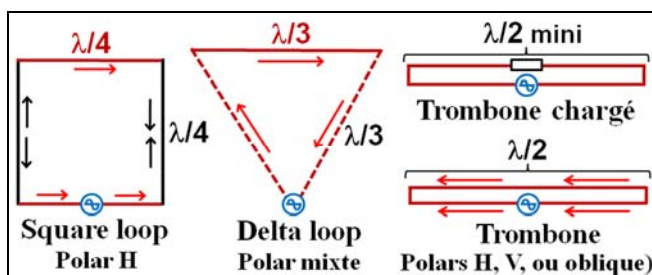


Figure 7 : Boucles avec périmètre = lambda]

Si j'améliore le rapport AV/AR de mon antenne, j'améliore aussi son gain

Peut-être, mais si peu. En supposant un lobe unique sans changement de forme, si le rapport AV/AR passe de 10 à 20 dB, le gain n'augmente que de 0,35 dB et seulement de 0,05 dB en passant de 20 à 30 dB. Par ailleurs on oublie souvent de dire que la bande passante du rapport AV/AR est beaucoup plus étroite que celle du gain, d'autant plus que le rapport est élevé. Mais c'est un paramètre que les constructeurs gardent pour eux (ou ne mesurent pas, se contentant de rechercher la fréquence pour laquelle le rapport AV/AR est maximum).

La Yagi 2él à couplage capacitif a un meilleur gain

Faux. Que le couplage capacitif soit obtenu en repliant face à face l'extrémité des dipôles, ou en donnant aux brins un angle inférieur à 180° (forme en losange), par principe la directivité baisse et donc le gain. En pratique, tant que la partie repliée est faible ou tant que l'angle entre

les brins reste très ouvert, le gain change peu car avec un paramètre de plus, on peut améliorer le compromis gain / impédance et rapport AV/AR.

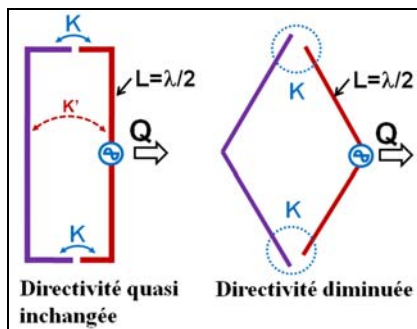


Figure 8 : Yagi à couplage capacitif

Avec un réseau de n "quad" en ligne, comparativement à une Yagi à n éléments, l'écart de gain augmente avec n.

Faux. Quel que soit le nombre d'éléments, la différence de gain reste la même (1,15 dB). On voit quelquefois des antennes VHF ou UHF type Yagi avec des square-loop comme éléments. Cela ne se justifie pas vraiment pour le gain, seulement pour la bande passante. Quant aux "Yagi" avec des éléments en delta-loop, c'est une complication inutile.

Une antenne verticale rayonne en polarisation verticale

Pas toujours, et bien souvent en polarisation oblique. Cela dépend du type d'antenne :

- antenne verticale au sol. Dans ce cas l'antenne fonctionne en monopôle et la polarisation est bien verticale.
- antenne verticale en hauteur type "ground plane". Si les radians sont horizontaux et symétriques, l'antenne fonctionne comme un monopôle et s'ils sont inclinés elle fonctionne comme un dipôle asymétrique. Dans les deux cas la polarisation est verticale et les diagrammes de rayonnement sont ceux d'un dipôle vertical.
- antenne verticale $\lambda/4$ en hauteur avec un radian accordé horizontal par bande. Dans ce cas la polarisation est oblique. Elle est même plus H que V en tenant compte de la réflexion sur le sol. Cela est encore plus vrai quand le brin vertical est raccourci et muni de trappes multiples (mauvais rendement). L'antenne principale est alors le radian horizontal et le brin vertical fonctionne comme un mauvais contrepoids. Une antenne peut en cacher une autre et ce n'est pas celle-là que l'on nous vend. Et je ne parle pas des antennes très raccourcies où, quand elles semblent fonctionner, c'est en réalité le câble coaxial d'alimentation qui rayonne par la gaine. Alors là, la polarisation dépend du cheminement du câble (cf. fig.3).

Une antenne verticale HF est meilleure pour le DX car elle a un angle de départ très bas

Vrai en théorie (sol parfait) mais faux en pratique (on n'a pas le sol qu'on voudrait). Si l'antenne est au sol, il y a des pertes par pénétration du champ réactif et l'onde de sol s'affaiblit rapidement (sol mauvais conducteur aux fréquences élevées). Si l'antenne est en hauteur, en dessous de l'angle de Brewster, l'absorption par le sol est importante. Pour se rapprocher de la théorie, il faudrait remplacer le sol par une mer calme et ce n'est pas évident ⁽¹¹⁾.

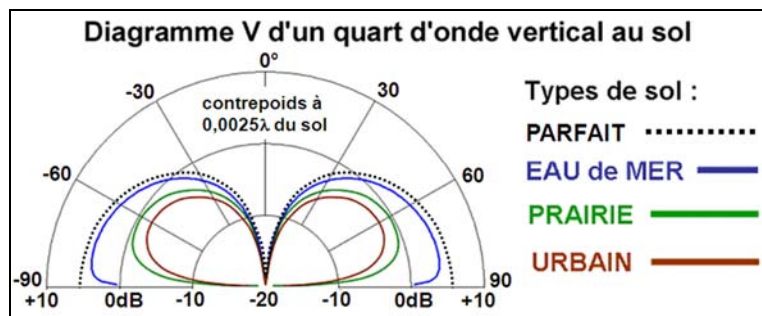


Figure 9 : Rayonnement d'un quart d'onde au sol

Et les antennes à champs croisés ? (dont les antennes EH)

Délire "scientiste". Donner un quelconque crédit à la théorie des champs croisés revient à nier les lois fondamentales de la physique du rayonnement. Je rappelle que la force électromagnétique est l'une des quatre forces fondamentales de la physique avec la force gravitationnelle, la force d'interaction forte et la force d'interaction faible. Les lois qui régissent la force et le champ électromagnétique sont parfaitement connues. Elles n'ont jamais été mises en défaut par l'expérimentation ni remises en cause par les théories de la relativité et de la physique quantique. Y toucher revient à chanceler la physique entière.



Une antenne miracle pour le 80m.
Dimensions à comparer avec la Yagi VHF

Pour conclure, je suis désolé si je vous ai enlevé quelques illusions. Mais la rigueur scientifique ne mérite-t-elle pas quelques renoncements ?

Tous les arguments qui ont été développés ici se retrouvent plus en détail dans mes articles sur les antennes publiés depuis 2003 dans R-REF et surtout dans les "Comment ça marche" publiés mensuellement depuis janvier 2011.

Notes.

- 1) *Radio-REF de décembre 2003 suivi d'un erratum. La version mise sur le blog de F6KRRK a été corrigée.*
- 2) *Lu sur une notice "constructeur" vantant les mérites d'une famille d'antennes ridiculement petites "How do they work so well " : Parce que leur surface en contact avec l'atmosphère est équivalente à celle d'un doublet demi-onde (sic). Mais ce n'est qu'une partie des absurdités écrites.*
- 3) *Les antennes losange ont un autre avantage : leur grande largeur de bande.*

- 4) *Les spécialistes des liaisons satellites me diront "et le bruit du soleil". Je leur répondrais "cas particulier, d'autant plus influent que la température de bruit de l'antenne est basse". Mais ceci est une autre histoire.*
- 5) *Une période transitoire a lieu à l'application du signal ou lors d'un changement d'amplitude ou de phase. Cette période est en général occultée, considérant que l'énergie dans la ligne y est depuis le commencement des temps. Par ailleurs on applique les règles de fonctionnement durant la période transitoire, en particulier les réflexions, à la période stationnaire où "rien ne bouge", sauf l'énergie transmise à la charge.*
- 6) *C'est une autre période transitoire. Ces périodes sont d'autant plus longues que la ligne est longue et la désadaptation importante. Cela conduit à la notion de "bande passante finie" de la ligne, obligeant à avoir un ROS d'autant plus faible que la ligne est longue et la bande de modulation du signal plus large.*
- 7) *Si l'on place un observateur à l'endroit de la charge, les vecteurs E sont dirigés vers lui et donc n'effectuent aucun travail dans la charge (l'observateur ne les "voit" pas).*
- 8) *Avec les antennes, comme partout ailleurs, on ne peut pas "avoir le beurre et l'argent du beurre".*
- 9) *Essayons de transposer pour la bande 80m un réflecteur parabolique de 80cm de diamètre prévu pour la réception TV satellite ($F=10\text{GHz}$). Nous obtenons un diamètre du réflecteur de ... 2133m (!)*
- 10) *En fait, l'avantage du meilleur rendement passe du doublet à la boucle à partir d'une certaine envergure. Ceci grâce au fait que le condensateur d'accord de la boucle a moins de pertes que la bobine d'accord du doublet. Mais l'effet n'est bénéfique que lorsque la résistance de rayonnement de la boucle rattrape celle du doublet (elle varie comme la puissance 4 de la surface de la boucle et comme la puissance 2 de la longueur du doublet).*
- 11) *Ce qui contribue à cette idée reçue est le fait que les stations DX expédition utilisent souvent ce genre d'antenne. Mais elles choisissent aussi des bords de mer et l'antenne est parfois plantée dans la mer. Pour les antennes de radiodiffusion en VLF-LF, l'opérateur dépense une fortune pour entretenir un sol artificiel de qualité acceptable. Pas à la portée d'un radioamateur qui veut opérer dans la bande des 137 kHz.*