

# L'antenne W8JK, thème et variations

Robert BERRANGER, F5NB

*L'antenne "W8JK" fut très populaire au bon vieux temps des lampes et avant la généralisation des antennes YAGI. Certains OM l'envisagent encore pour une utilisation multi bande car sa fabrication est facile si l'on n'est pas trop exigeant sur les performances. Cet article se veut avant tout pédagogique en expliquant le fonctionnement d'un tel système antennaire.*

## Principe de rayonnement.

La W8JK est un réseau de deux dipôles égaux et coplanaires avec alimentations équilibrées et en opposition de phase. Le plan du réseau est choisi parallèle au sol (plan H). Par rapport à un simple dipôle, le réseau apporte une directivité accrue tout en restant bidirectionnelle <sup>(1)</sup>. Cet accroissement a lieu dans le plan V et dans le plan H où il est fonction de l'écartement entre les deux dipôles. Je rappelle que le gain d'un système antennaire est égal à sa directivité multipliée par son rendement <sup>(2)</sup>. Nous avons sur la figure 1 la courbe de gain en fonction de l'écartement et les diagrammes H et V pour un écartement de  $\lambda/8$  (réseau en espace libre).

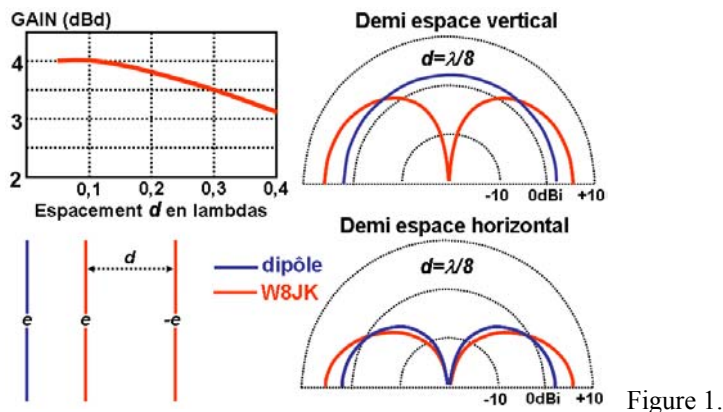


Figure 1.

## Utilisation en large bande.

D'un point de vue rayonnement, tous les dipôles et réseaux de dipôles sont à large bande (théoriquement infinie). Ce n'est pas une particularité de la W8JK. D'un point de vue électrique, l'impédance d'alimentation est complexe et varie avec la fréquence, avec une réactance qui s'annule à chaque résonance ou antirésonance. On aura donc besoin d'un système d'adaptation. Pour que celui-ci n'ait pas trop de pertes, on devra essayer de limiter la plage de son action pour les bandes qui nous intéressent. C'est tout l'enjeu des systèmes LEVY, G5RV, W8JK et autres.

En pratique, en considérant la W8JK comme une antenne directive (orientable), la largeur de la bande utile sera limitée par deux obligations :

- garder un lobe principal unique avec un maximum de directivité (Fmax).
- conserver une résistance de rayonnement suffisante pour ne pas entraîner trop de pertes d'adaptation (Fmin).

Pour  $F_{max}$ , la longueur relative du doublet est connue. Elle est égale à  $10\lambda/8$  <sup>(3)</sup>. Si nous voulons  $F_{max} = 29$  MHz, chaque doublet aura une longueur de 13 m. Leur fréquence de résonance théorique sera de 11,5 MHz. On devrait encore conserver un bon rendement à 10,1 MHz. Nous pouvons alors couvrir toutes les bandes des 30m aux 10m. Avec des doublets d'une longueur de 10 m, on devrait se contenter des bandes 20m à 10m. Nous allons continuer avec des doublets de 13 m.

### Que devient le gain ?

Nous avons vu sur la figure 1, qu'il dépend de l'écartement entre les doublets. Privilégions la bande des 20m avec un écartement optimal de 2,6m. De part et d'autre, le gain diminuera avec la fréquence. Mais le gain d'un dipôle augmente par ailleurs, et plus rapidement, avec la fréquence, jusqu'à ce qu'il représente une longueur de  $10/8^{\text{ème}}$  de  $\lambda$ . Finalement, le gain augmentera avec la fréquence. La figure 2 montre notre système avec les diagrammes H et les gains obtenus (dBi) pour toutes les bandes amateurs. Je rappelle que nous sommes toujours en espace libre avec un rendement théorique de 100%.

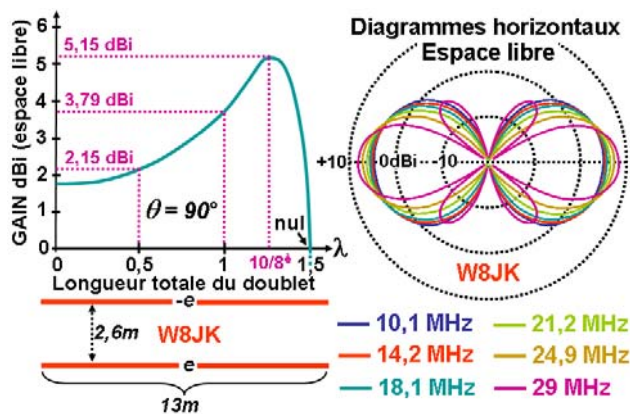


Figure 2.

A gauche nous avons le gain d'un dipôle seul en fonction de sa longueur dans une direction perpendiculaire à son axe. A droite, le diagramme 29 MHz correspond à une longueur des doublets de  $10\lambda/8$ . Si l'on augmente la fréquence, le lobe principal diminue et les lobes secondaires augmentent en se rapprochant de l'axe. Quand la longueur des doublets correspond à  $1,5\lambda$ , le lobe dans l'axe est nul et le gain est donné par les lobes latéraux, mais il est plus faible, car le rayonnement est réparti sur deux fois plus de lobes (soit 3,6 dBi après être passé par un minimum de 2,8 dBi lorsque tous les lobes étaient égaux) <sup>(4)</sup>.

### Influence du sol.

Jusqu'à présent, nous avons considéré notre système en espace libre, ce qui est une vue de l'esprit pour la HF. La présence du sol va avoir pour effet de modifier la directivité par ses propriétés réfléchissantes pour les ondes électromagnétiques. Si le sol était parfait (une autre vue de l'esprit), la directivité serait multipliée par 4 (gain de 6 dB). Pour une antenne en polarisation H et un réflecteur plan, cet accroissement de directivité se produit uniquement sur le diagramme vertical. Ce gain de 6 dB se répartit comme suit : 3 dB pour le rayonnement dans une demie sphère, plus 3 dB apportés par le rétrécissement des lobes <sup>(5)</sup>. Nous avons sur la figure 3 la directivité V d'un doublet H en fonction de sa hauteur au dessus d'un réflecteur parfait (à comparer avec le demi cercle bleu de la fig. 1).

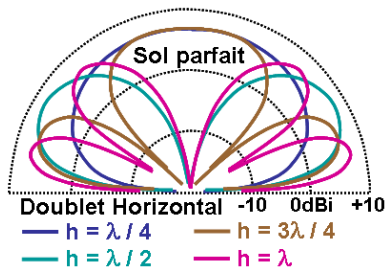


Figure 3.

Malheureusement, le sol est loin d'être un réflecteur parfait. Selon sa composition organique, il a un coefficient de réflexion notablement inférieur à 1 et variable avec la fréquence. Je ne m'étendrai pas sur le sujet traité par ailleurs dans "Comment ça marche ?". Prenons un sol moyen type "prairie" et nous obtenons pour notre W8JK les diagrammes V de la figure 4 (noter le changement d'échelle des gains).

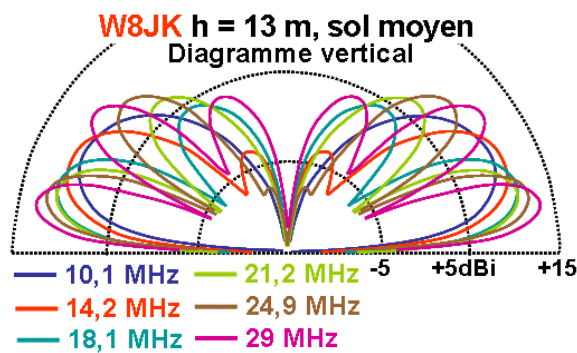


Figure 4.

Les diagrammes V se modifient avec la fréquence, puisque la hauteur relative change. J'ai choisi une hauteur de 13 m au dessus du sol pour avoir dans la bande 20m un diagramme qui soit un bon compromis pour un trafic DX universel ( $h=0,6\lambda$ ). Et puis, 13m est relativement facile à obtenir avec un pylône de 12 m et un mât de 1m.

Gains pour un angle de départ de  $10^\circ$  (grand DX) :

10,1 MHz : 4,7 dBi, 14,2 MHz : 7,7 dBi

18,1 MHz : 9,6 dBi, 21,2 MHz : 10,8 dBi

24,9 MHz : 12,3 dBi, 29 MHz : 13,7 dBi

Nous voyons que les gains sont conséquents bien qu'ils chutent rapidement pour la bande 30m (mais lobe unique). Attention, il ne faut pas se réjouir trop vite. On ne peut les obtenir que si notre système se trouve au milieu d'un terrain d'aviation, ce qui est rarement le cas pour un OM ordinaire. En effet, pour que la réflexion se fasse totalement, il faut que le sol soit **plan** et **dégagé** sur une distance égale au point le plus éloigné de la 1<sup>ère</sup> zone de Fresnel (elle dessine un ellipsoïde autour du point de réflexion). Voir sur la figure 5 la distance de réflexion et la distance la plus éloignée de la 1<sup>ère</sup> zone de Fresnel pour les bandes 30m et 10m.

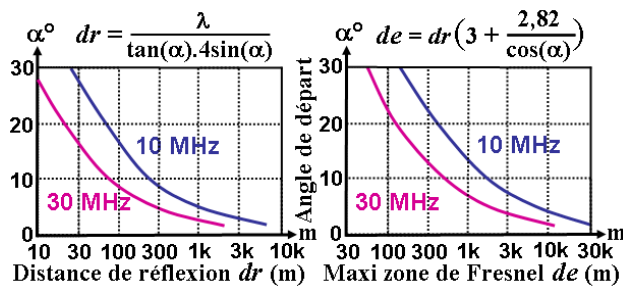


Figure 5.

En pratique, on considère qu'un dégagement sur une distance égale à  $2400\lambda / \alpha^2$  est suffisant. Pour un angle de départ de  $10^\circ$ , cela représente quand même un rayon de 720 m pour la bande 30m et 240 m pour les 10m. Vous comprenez pourquoi j'ai parlé de "terrain d'aviation". Donc, si le terrain n'est pas plat, ou s'il est couvert de végétation humide ou de constructions métallisées, surtout au point de réflexion, celle-ci se fera avec un coefficient de réflexion diminué. A la limite, pour un coefficient proche de zéro, on retrouve les diagrammes et les gains du système antennaire en espace libre. On peut perdre jusqu'à 6 dB, mais on n'a plus le feuilletage des lobes. Cela n'est pas aussi catastrophique qu'il y paraît pour le grand DX. En effet, si l'on compare les gains dans la bande 20m de notre W8JK pour un angle de tir de  $10^\circ$ , on trouve 7,7 dBi pour une réflexion non perturbée, et 6 dBi en espace libre. La différence est inférieure à 2 dB et il n'y en a plus du tout pour un angle de départ de  $7^\circ$ . Mais attention, il faut que l'antenne soit dégagée au moins d'une demie onde au dessus du "fouillis urbain" si c'est lui qui perturbe la réflexion <sup>(6)</sup>.

Pour finir, je rappelle que tous ces gains supposent un rendement électrique de 100%, ce qui est aussi une vue de l'esprit pour un système comme la W8JK. Occupons nous maintenant de ce dernier paramètre.

### Alimentation électrique du réseau.

Il y a de multiples possibilités, et c'est là que le concepteur pourra exercer ses talents. Noter que l'alimentation électrique du réseau n'aura de répercussions que sur le rendement du système, et en aucun cas sur son rayonnement (en supposant toujours des puissances égales dans les doublets, ce qui est vrai si l'on garde un système parfaitement symétrique). Electriquement, nous nous trouvons devant le problème d'alimenter en opposition de phase deux doublets ayant théoriquement la même impédance. Pour notre système W8JK, la figure 6 donne l'impédance d'un seul doublet en fonction de la fréquence.

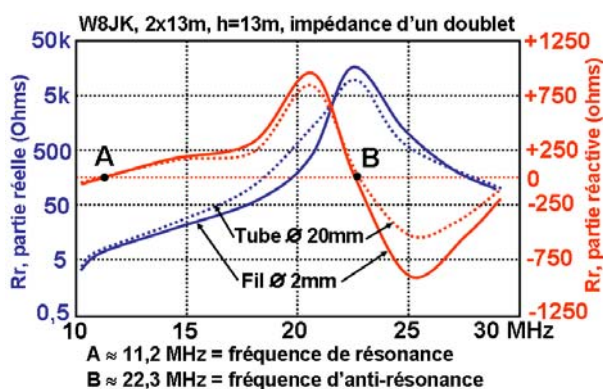


Figure 6.

Noter l'échelle Log de la partie réelle de l'impédance. On pourra s'étonner que la résistance de rayonnement soit si faible à la résonance et qu'en dessous, elle chute plus rapidement que la diminution en  $(L/\lambda)^2$ . Cela s'explique par l'impédance mutuelle entre les deux doublets qui est importante et vient se retrancher de celle d'un doublet seul. Le phénomène s'accroît pour les fréquences basses, car le couplage augmente (lambda augmente et l'écartement est constant). C'est ainsi que  $R_r \approx 18 \Omega$  à 14,2 MHz et seulement  $3,5 \Omega$  à 10,1 MHz.

La grande variation d'impédance dans la bande entière oblige à prendre une alimentation par lignes symétriques à fils parallèles. Nous en aurons trois :

- deux lignes **A** strictement égales, entre chaque dipôle et un point unique d'alimentation en les vrillant de  $90^\circ$  (sens contraires) pour obtenir un déphasage de  $180^\circ$  entre les dipôles.
- une ligne **B** entre ce point et la boîte d'adaptation.

Les pertes seront d'autant plus faibles que le ROS dans ces lignes sera moins élevé, surtout pour la ligne **B** qui est la plus longue. Après de nombreuses simulations du système je vous livre ma recette. Deux idées de base :

- Prendre pour les lignes **A** une longueur égale au quart d'onde à la fréquence d'antirésonance, afin d'abaisser l'impédance, soit  $L = 3,3$  m ( $F_0 \approx 22,3$  MHz).
- Prendre pour la ligne **B** une impédance de  $300 \Omega$  car on trouve facilement dans le commerce du ruban "twin-lead" de puissance à faible perte.

Pour minimiser le ROS moyen dans la ligne **B** ( $300 \Omega$ ), il faut prendre pour les lignes **A** une impédance de  $450 \Omega$  (peu critique), ce qui les rend fabricables aisément par l'OM <sup>(7)</sup>. Nous avons le résultat sur la figure 7.

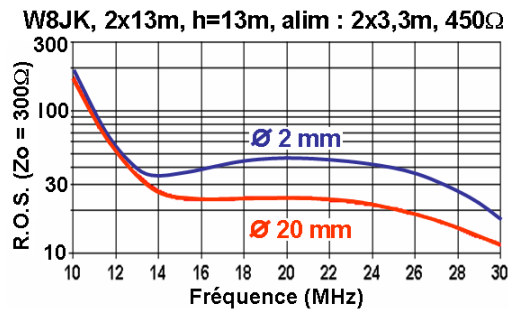


Figure 7.

Noter que cela s'améliore bien quand on augmente le diamètre des dipôles (diminution des impédances). Noter également que les lignes **A** sont plus longues que leur valeur habituelle qui est égale à la moitié de l'écartement entre les dipôles. La longueur n'a aucune importance, tant que les lignes restent égales et non couplées entre elles.

Quel rendement aura le système ? Cela dépendra de la longueur de la ligne **B**. Avec une douzaine de mètres, je pense que l'on doit être au dessus de 80% (perte de 1 dB), tout au moins pour les bandes 20m et au dessus. Pour la bande 30m, le rendement va chuter, mais on est à la limite du système. Il faudra aussi tenir compte des pertes dans la boîte d'adaptation qui dépendront beaucoup de son volume.

Pour conclure, la W8JK n'est pas vraiment une antenne à large bande (contrairement à la W3HH, par exemple), c'est son gain ( $\approx 3$  dB) sur un simple dipôle de même longueur qui est quasiment constant dans une large bande (contrairement à la YAGI, par exemple). On a vu par ailleurs que la présence du sol peut apporter un gain d'environ 5 dB. Donc il ne faut pas que l'installation d'une W8JK se fasse au détriment de l'action du sol, sinon pour certains DX, on arriverait au paradoxe qu'un simple doublet bien installé aurait plus de gain qu'un réseau de deux doublets installé vaille que vaille.

### Variations sur la W8JK.

La W8JK, comme la LEVY, est une antenne "générique". On peut la construire un peu n'importe comment, elle semble toujours fonctionner (au pire, on n'a pas les 3 dB de gain espérés, ce qui ne fait qu'un demi point S). Ma version de la W8JK est le résultat d'un compromis optimisé. Cela veut dire que si l'on change de longueur, d'écartement des doublets, de longueur et d'impédance des lignes, on risque de diminuer les performances pour certaines bandes. La première question que se posera le concepteur sera : "puis-je ou non installer un système rotatif ?". Pour une installation fixe, on peut envisager une commutation entre deux systèmes à angle droit pour couvrir presque toutes les directions. On peut aussi envisager la polarisation verticale.

## La W8JK en polarisation verticale.

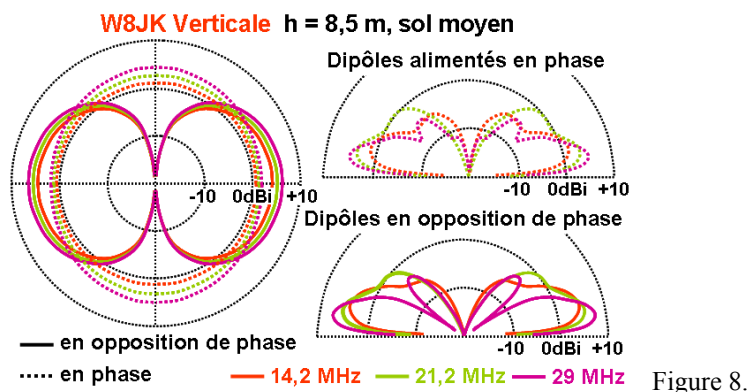
Avec un réseau de deux dipôles verticaux, on a deux possibilités pour le diagramme horizontal :

- s'ils sont alimentés en opposition de phase, le maximum des lobes est dans le plan des dipôles.
- s'ils sont alimentés en phase, le maximum est perpendiculaire au plan des dipôles.

Ainsi, avec un seul système et une simple inversion de ligne, on couvre tout l'horizon. Mais, le gain apporté par la réflexion sur le sol est beaucoup plus tributaire de celui-ci qu'avec la polarisation H (coefficient de réflexion plus faible et influence de l'angle de Brewster) <sup>(8)</sup>.

Installons notre W8JK verticalement à 2m du sol (centre des doublets à 8,5 m de hauteur).

Nous avons sur la figure 8 les diagrammes obtenus pour les deux possibilités d'alimentation et les trois principales bandes DX.



On remarquera que les diagrammes H pour les dipôles en phase ont moins de gain et n'ont pas de nul mais une simple ovalisation. Cela résulte du faible écartement entre les dipôles (il faudrait un écartement de  $\lambda/2$  pour obtenir un nul). En le doublant (5,2m), on rééquilibre les gains et les diagrammes se rapprochent plus du "8". Mais globalement les gains sont inférieurs de 5 dB par rapport à la polarisation H pour un même angle de départ (c'est le cas pour tous les aériens en polar V).

## De la W8JK à la YAGI

Un petit malin pourrait penser qu'en se débrouillant pour rendre la W8JK uni directionnelle, on pourrait peut-être grappiller 3 dB. Il y aurait une solution : en utilisant des doublets de longueur inégales, on provoquerait un déphasage différentiel qui s'ajouterait à celui dû à l'écartement pour une direction, et s'y soustrairait pour la direction opposée. OK, nous aurions transformé notre W8JK en YAGI deux éléments <sup>(9)</sup>. Mais il y a un revers : le système ne fonctionne que pour une bande de fréquence réduite et il ne rapporte pas plus de 2 dB.

Reprenons notre W8JK et raccourcissons un dipôle pour obtenir un maximum de rapport AV/AR à 10,1 MHz. Cela se produit pour une longueur du dipôle de 12,44 m. La figure 9 nous montre les gains obtenus dans les deux directions, comparés avec le gain de la W8JK symétrique, ainsi que l'angle de départ où ont été mesurés les gains.

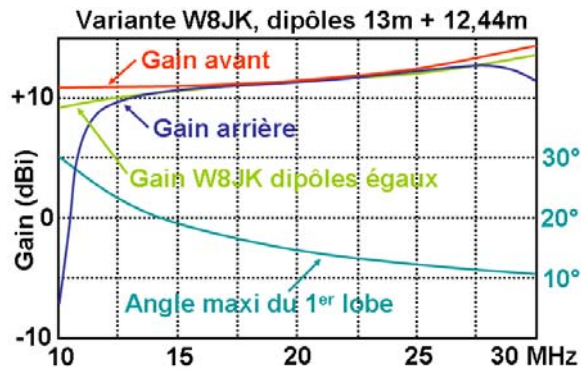


Figure 9.

Le réseau est toujours à 13m de hauteur au dessus d'un sol moyen avec un écartement de 2,6 m. Les dipôles sont en tube de 20 mm de diamètre. Les lignes A font toujours 450Ω mais elles ont une longueur minimum (demi écartement). L'effet uni directionnel n'est effectif que pour la bande 30m et le gain procuré n'est que de 1,6 dB au lieu des 3 dB espérés. Dans la bande, la courbe du ROS est presque aussi bonne qu'avec des dipôles égaux et des lignes A de 3,3 m. Finalement, c'est parfaitement jouable si l'on peut orienter son antenne sur 360°.

## Conclusions

Ceux qui s'attendaient à une description de la fabrication d'une W8JK "miracle" auront été déçus. Ce n'était pas le but de cet article. J'ai essayé de montrer la complexité de l'interaction de l'antenne avec son alimentation et son environnement. C'est pourquoi il faut parler de "système antennaire" et pas seulement d'antenne<sup>(10)</sup>. Un simple doublet sur un pylône télescopique de 10 à 20 m dans une ferme isolée au milieu des champs de betteraves donnera de biens meilleurs résultats en DX qu'un W8JK (ou même une TH6DXX) tendue entre quatre arbres dans un jardin de banlieue. L'adage "Tant vaut l'antenne, tant vaut la station" a été inventé par des vendeurs d'antennes<sup>(11)</sup>. Pour ma part, je dirais : "Tant valent le **système antennaire** et son **environnement**, tant vaut la station" (et l'antenne n'a pas toujours le rôle principal, d'autant moins qu'elle est raccourcie).

## Notes.

- 1) L'accroissement de directivité résulte de l'addition vectorielle des champs produits par chacun des dipôles qui composent le réseau.
- 2) Quand un système acquiert de la directivité, cela veut dire qu'il rayonne moins pour un même courant puisque les lobes sont plus étroits. Donc sa résistance de rayonnement a diminué, et la puissance consommée aussi. Pour une même puissance, le courant sera plus élevé, donc les champs aussi. C'est le mécanisme du gain. A pondérer avec le rendement électrique du système.
- 3) Ce qui correspond à une 5/8<sup>ème</sup> pour un monopôle, longueur optimale bien connue en mobile VHF.
- 4) Revoir l'article "En présence de courant, l'antenne fait de la résistance", paru dans Radio-REF d'octobre 2008.
- 5) Un même gain en espace libre serait apporté uniquement par le rétrécissement des lobes.
- 6) Si vous voulez "casser la baraque" en grand DX sur la bande 20m, il ne vous reste plus qu'à déplacer votre QRA sur un minuscule îlot rocheux à quelques milles de la côte et d'y monter une YAGI 3él. en haut d'un pylône de 22m.
- 7) Revoir les annexes de l'article sur la G5RV paru dans Radio-REF de novembre 2010.

- 8) *Tout ceci est traité dans une série de "Comment ça marche" sur la formation du diagramme de rayonnement.*
- 9) *Certains l'ont fait : HB9CV, F8DR, DJ2UT, etc.*
- 10) *Le système antenne comprend tout ce qui est après la sortie de l'émetteur : boîte d'accord, câble de liaison, l'antenne et son environnement (sol, dégagement).*
- 11) *"Vendeur" au sens large. Cela peut être un OM très fier de sa réalisation HF aux performances "miraculeuses".*