

Antenne UHF pour mobile « 4xDIP »

par F5CAI . Jean Pasternak (Publication décembre 2008)

L'idée de cette antenne est née du besoin de faire de l'ATV en mobile au travers des relais en point haut (Émission ou réception).

Le cahier des charges était:

- Polarisation horizontale
- Rayonnement omnidirectionnel
- Gain en azimut le plus élevé possible
- Encombrement minimal
- Pose sur le toit d'un véhicule sans complication
- Facilité de construction et mise au point

Il existe depuis longtemps des antennes omnidirectionnelles à polarisation horizontale. Entre autres, avec les difficultés que j'ai pu expérimenter:

- Antenne halo (modeste en gain)
- Antenne turnstile (pb déphaseur)
- Antenne Big Wheel (pas facile en mise au point)
- Antenne Alford (*pas réalisé...*)

etc...

En tout cas quelques difficultés de mises au point ou réalisation qui augmentent avec la montée en fréquence.

Conception:

La **4xDip** (« *Four Crossed Dipoles* », pour faire anglo-saxon) est basée sur la théorie des réseaux d'antennes, donc un comportement parfaitement explicable et prévisible.

L'antenne est constituée d'un assemblage de quatre dipôles $\frac{1}{2}$ onde sur la périphérie d' un carré d'une $\frac{1}{2}$ onde de côté.

Chaque dipôle est excité par une ligne à air $\frac{1}{4}$ d'onde à partir du centre du carré par le câble coaxial qui alimente en parallèle les 4 dipôles de la périphérie.

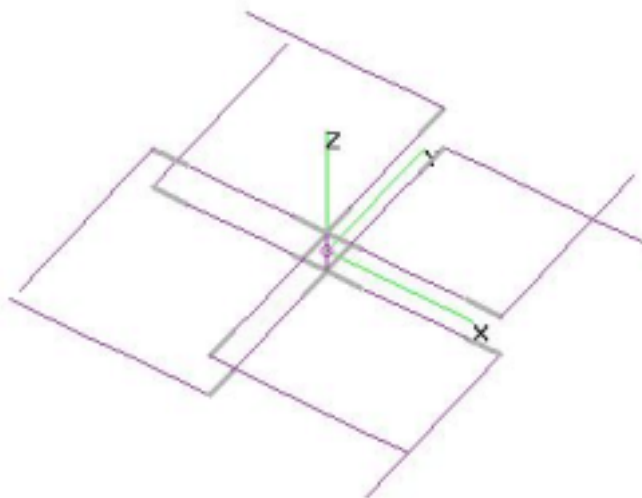
Les lignes $\frac{1}{4}$ d'onde jouent le double rôle de support mécanique aux dipôles et de transformateurs d'impédance pour ramener 50 Ohm au niveau du coaxial.

Par construction, les dipôles sont en fait 2 quart d'ondes non colinéaires, ce qui évite le télescopage aux extrémités. En outre, les dipôles en vis a vis sont en opposition de phase.

(Certains voient là une représentation symbolique d'un goût douteux, mais c'est bien d'une antenne qu'il s'agit !!!)

4xDIP.out

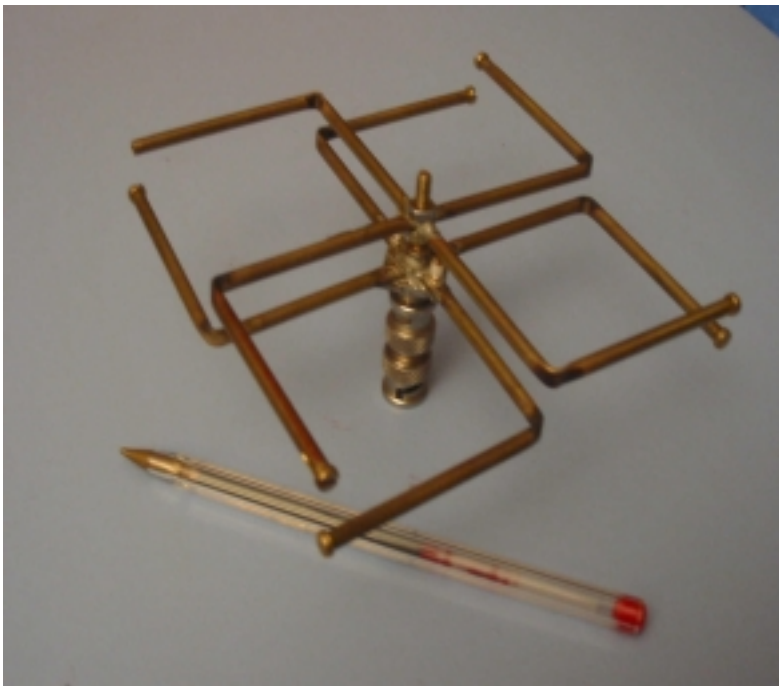
300 MHz



Theta : 44

Axis : 0.2 mtr

Phi : 304



Théorie:

(Soit par convention: **Phi**= Angle azimutal, **Thêta**= Angle élévation)

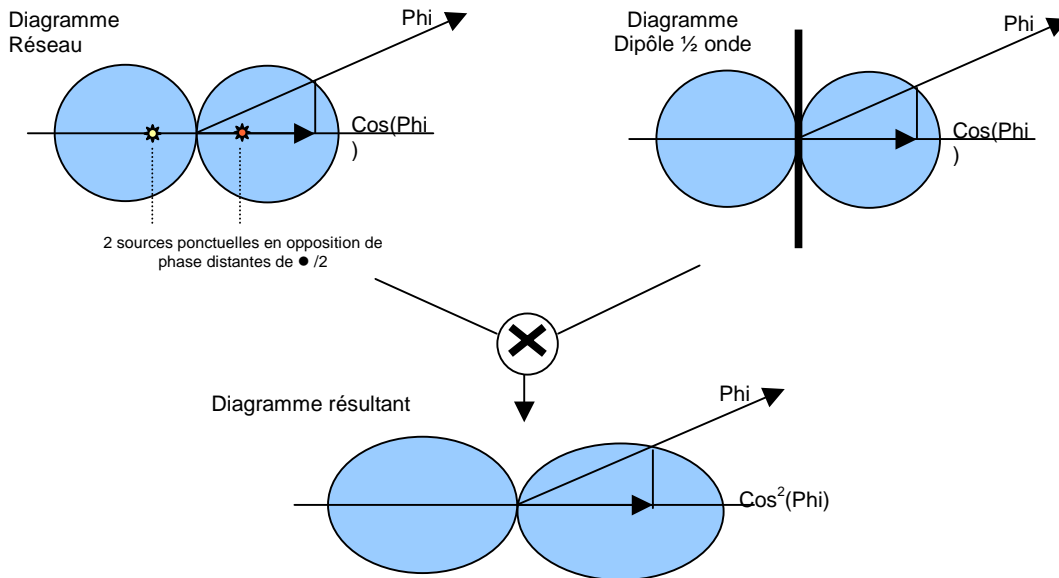
Les grands livres ont dit :

- Un réseau de deux sources ponctuelles séparées d'une $\frac{1}{2}$ onde et en opposition de phase produisent un diagramme de rayonnement en **Cos(P_{réseau})** par rapport à la ligne qui joint les deux sources (1).
- Le diagramme élémentaire d'un dipôle $\frac{1}{2}$ onde est en **Cos(P_{dipôle})** par rapport à la

normale du dipôle. (2).

La théorie des réseaux stipule: *Le rayonnement global est égal au produit de la directivité du réseau par celui des sources élémentaires qui le compose.* Donc mathématiquement,

$$\text{Cos}(\Phi)_{\text{réseau}} * \text{Cos}(\Phi)_{\text{dipôle}} = \text{Cos}^2(\Phi)_{\text{global}_1}$$



Le deuxième réseau de deux dipôles perpendiculaire au premier, suit la même loi mais décalé de 90 degrés dans l'espace.

Autrement dit, par transformation angulaire pour la même direction **Phi**, ce 2eme réseau a une directivité $\text{Sin}^2(\Phi)_{\text{global}_2}$. (3)

Comme les deux systèmes sont en phase, les champs rayonnés s'ajoutent pour aboutir à la formule célèbre:

$$\text{Cos}^2(\Phi)_{\text{global}_1} + \text{Sin}^2(\Phi)_{\text{global}_2} = 1. \quad (\text{merci M. Pythagore !})$$

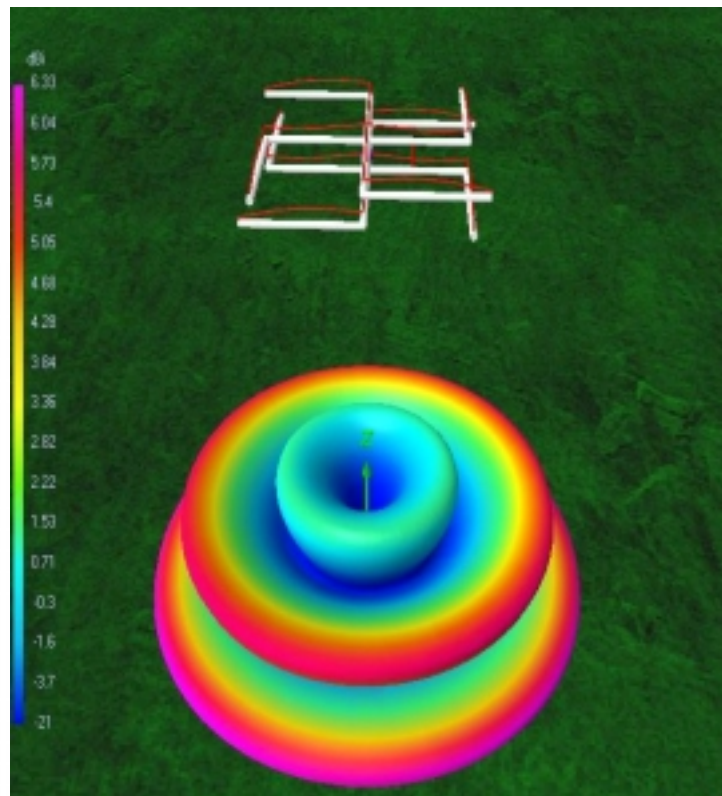
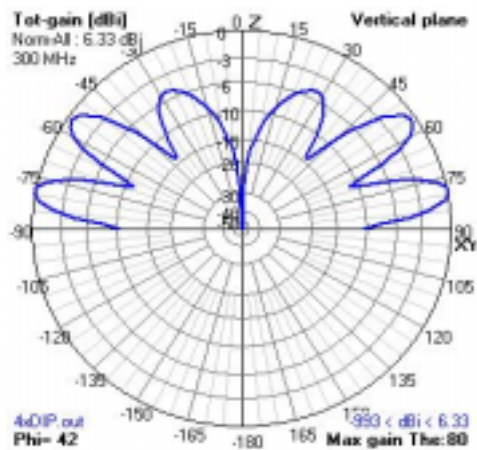
Bref, quelle que soit la direction dans le plan du réseau (horizontal), le rayonnement est identique à lui même; C'est l'omni-directivité parfaite recherchée.

Et dans le plan vertical me direz vous?

En pratique l'antenne est placée au dessus d'un plan de masse (Le toit du véhicule, s'il n'est pas en plastique !). Alors le diagramme vertical suit la loi classique des antennes à polarisation horizontale au dessus du sol.

Le nombre de folioles, l'angle de tir et le gain proche de l'horizon dépendent uniquement de la hauteur.

En pratique, pour la bande 1200 MHz., 1,5 lambda (# 30 cm) au dessus du plan de masse, est un bon compromis entre encombrement et gain utile.



La réalité pratique:

Tout le monde sait, qu'entre la théorie et la pratique on trouve quelques divergences. C'est là que les facilités de réglages permettent d'approcher les performances attendues. Le diamètre des brins est déterminant pour la construction; les autres paramètres en dépendent.

Pour la 4xDip, les paramètres réglables facilement sont:

- La longueur des dipôles pour trouver l'accord en fréquence.
- L'écartement des lignes pour l'adaptation d'impédance. (ROS minimum)

La longueur des lignes doit rester égale à $\lambda/4$, mais c'est plus ou moins rigoureux à causes des contraintes mécaniques (jonctions avec le câble coaxial). Comme c'est difficilement réglable en pratique, il est préférable de ne pas y toucher en première approche et de régler les deux autres paramètres.

Construction:

Chacun est libre d'inventer la meilleure façon de réaliser mécaniquement l'objet. (voir entre autre les premières approches de quelques pionniers (5))

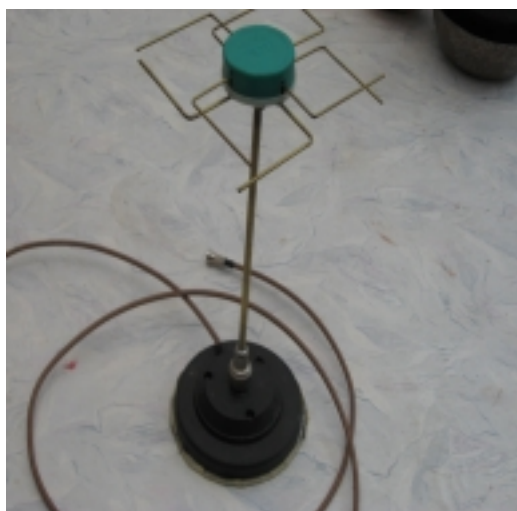
A titre d'exemple, voici la façon dont j'ai réalisé moi même un prototype opérationnel 1250 MHz pour test en condition réelle.

Merci à Serges F1RFC qui a servi de cobaye pour valider la réception en mobile de l'émission ATV du mont Doublier (6) sur un trajet assez perturbé géographiquement. Il a comparé avec une Big-Wheel fabrication OM (F6HZV).

L'alimentation coaxiale est faite avec du RG142 (6mm, faible pertes) dégagé de sa gaine plastique, passé dans un tube laiton 6x0.5 mm terminé à la base par une fiche N mâle pour se visser dans une embase magnétique de récupération.

L'écartement des lignes et des $\frac{1}{2}$ dipôles ainsi que la tenue mécanique entre eux est assuré par une entretoise en anneau taillée dans un tube PVC de 32 mm, frétée sur les lignes par 4 colliers plastiques crantés.

Un petit radôme taillé dans un bouchon de bouteille de lait, protège de la pluie le point d'alimentation. C'est pas génial, mais ça tient la route !



Les côtes:

Les dimensions ont été optimisées sur le logiciel de simulation d'antenne « 4NEC2 » (6). La fréquence de design est 1250 MHz, mais les calculs se font à 300 MHz. Les brins sont fait avec du tube laiton de 4mm.

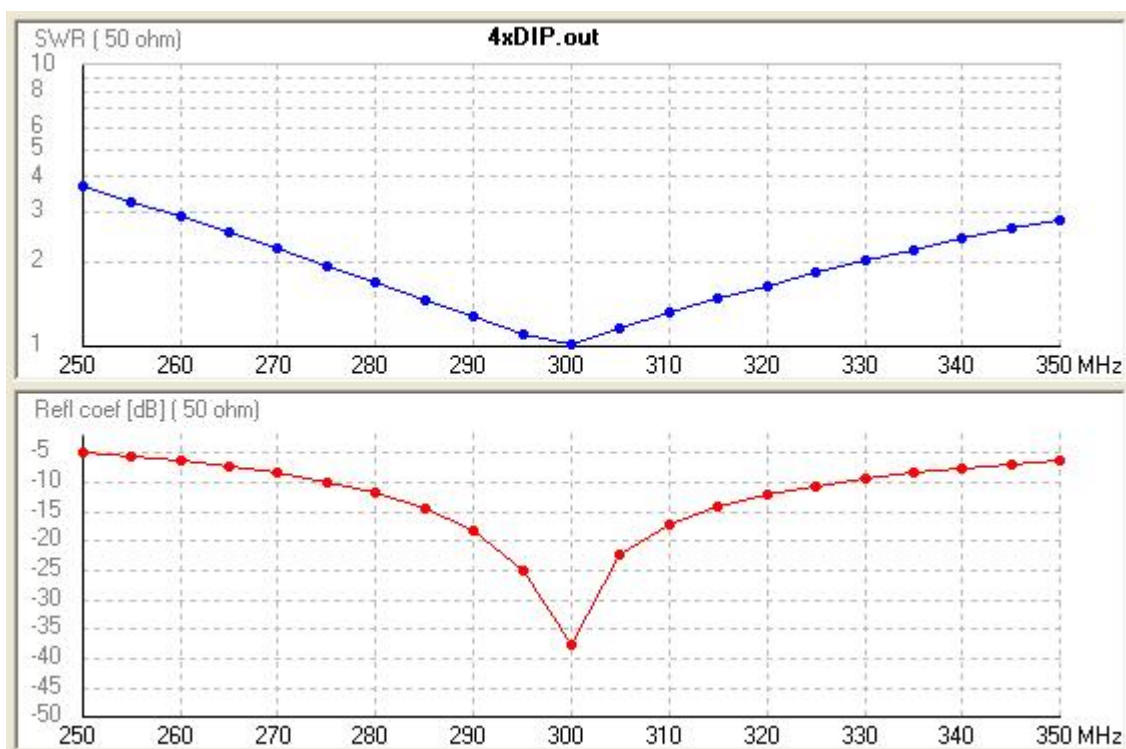
Les côtes issues de la simulation sont exprimées en longueur d'onde, mais il faudra prévoir les facilités de réglages évoqués ci dessus pour un calage optimal.

Pour un design initial diaprés une simulation à 300 MHz:

- Diamètre des brins d'antenne et lignes 0.015 lambda. (~4 mm à 1,2 GHz)
- Longueur des lignes 0.25 lambda.
- Longueur des $\frac{1}{2}$ dipôles 0.26 lambda
- Écart entre les lignes (entre axes) 0.052 lambda

Pour d'autres diamètre de brins, il faudra réajuster l'écartement des lignes et la longueur des dipôles. La longueur des lignes reste $=\frac{1}{4}$ d'onde quoi qu'il soit.

Le réglage peut se faire avec un simple ROS-mètre.



Mesures:

to be published... (attente de conditions météo favorables !)

Conclusion:

Les quelques expérimentations qui ont été faites à ce jour sont prometteuses, en tout cas n'ont pas révélé de défaut rédhibitoire.

Notes:

-(1) C'est le résultat de la composition vectorielle des champs émis par les deux sources, selon la différence des trajets en fonction de l'angle d'observation.

-(2) Ce n'est pas rigoureusement exact, mais au premier ordre on peut le considérer comme tel.

-(3) $\cos(\Phi + \pi/2) = -\sin(\Phi)$.

-(4) Relais ATV du Doubleur F5ZMM Alpes maritimes (06). JN 33 MR
<http://ed06.ref-union.org/RELAIS/index.htm>

-(5) « Les pionniers »

- (2,3 GHz) http://pagesperso-orange.fr/f8apf/hypers/atv_mobile/4xdip_f5hbi.htm
- (1,2 GHz) <http://www.f1pry.fr/antennes/4xdip.htm>
- (438 MHz) <http://f1chf.free.fr/Proto%204DIP.jpg>

-(6) Logiciel de simulation d'antenne 4Nec2 by Arie Voors : <http://home.ict.nl/~arivoors/>