

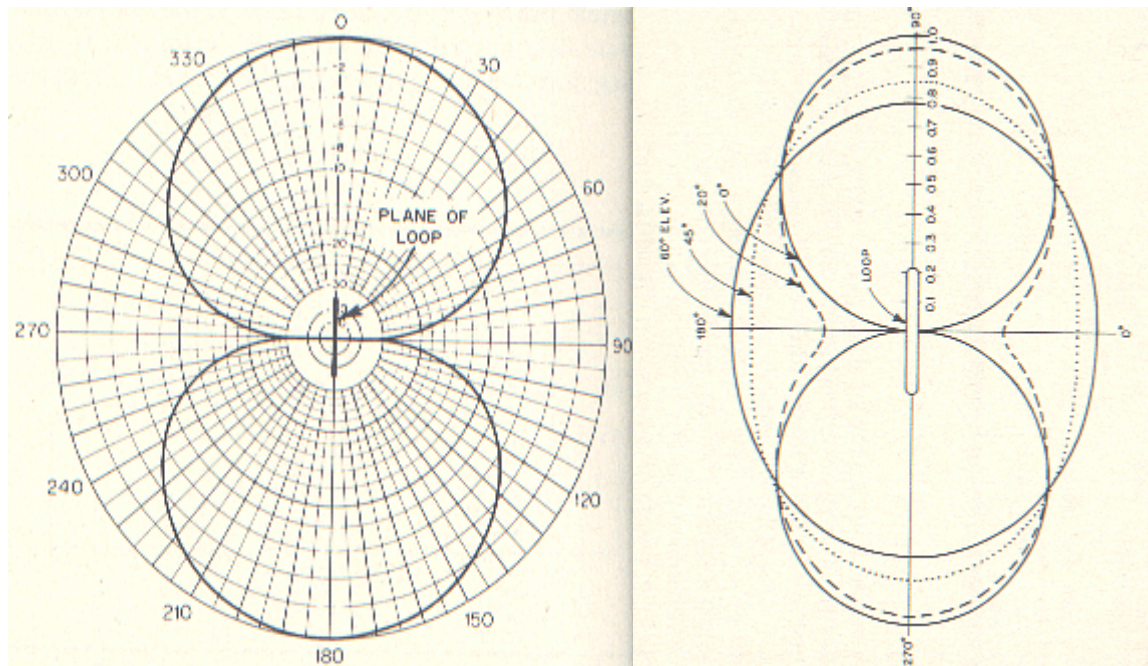
Les LOOP en LF et VLF et leur effet "antiparasites"

par F5LJT

1-La directivité

La directivité théorique d'une loop (en " vieux français " antenne cadre) est représentée par le diagramme bien connu que rappelle le Handbook:

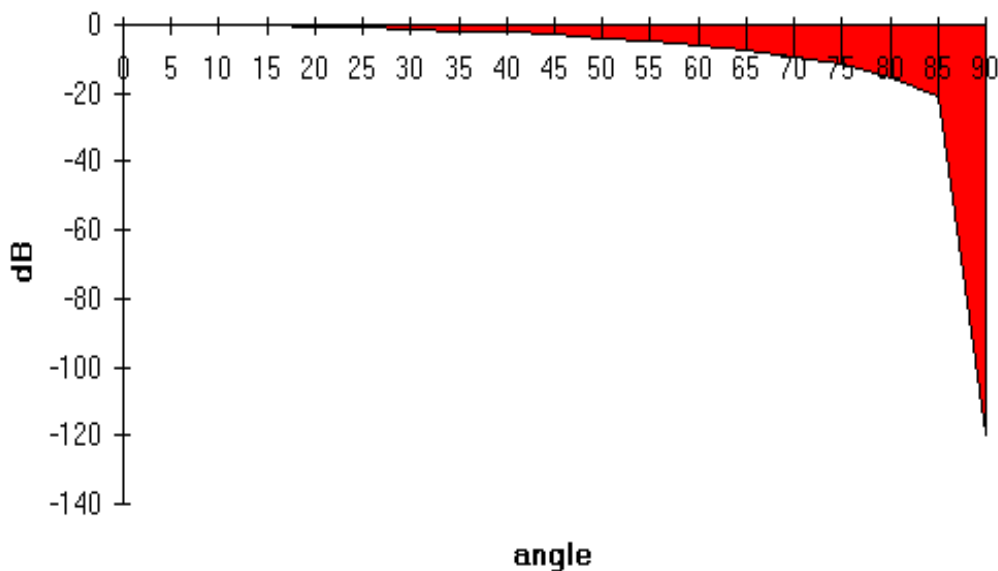
Diagramme pour une élévation nulle (onde venant de l'horizon) et diagramme variant en fonction de l'élévation



On voit qu'en décimétrique où la réception se fait habituellement par réflexion ionosphérique, l'angle d'arrivée est très variable et la directivité peut être faible, voire quasi nulle.

En VLF (<150 kHz), on supposera par contre qu'on reçoit par l'onde de sol, semblant donc toujours venir de l'horizon. On peut alors traduire l'affaiblissement théorique en dB en fonction de l'angle entre plan du cadre et direction de l'émetteur :

angle	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
affaibliss.(dB)	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,9	-1,2	-1,7	-2,3	-3,0	-3,8	-4,8	-6,0	-7,4	-9,3	-11,7	-15,2	-21,2	infini

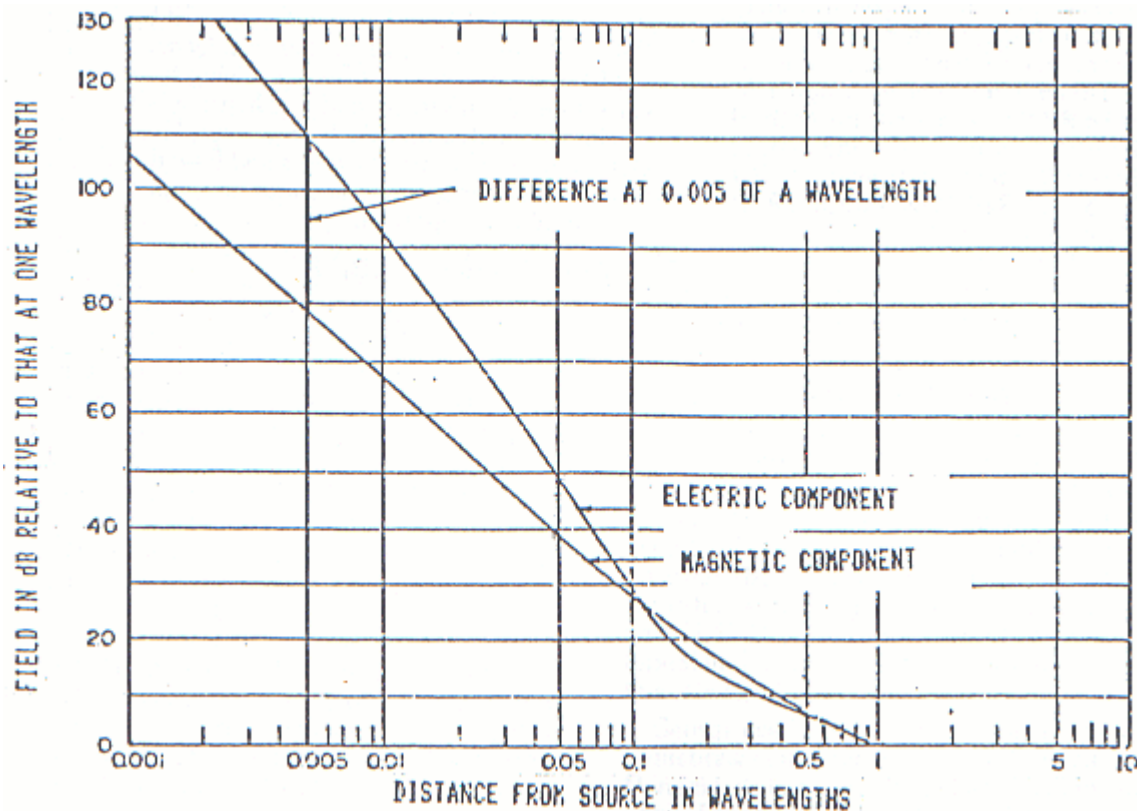


On voit qu'on peut jouer avec la directivité pour obtenir une annulation (en fait un fort affaiblissement) de la source de parasites (quitte à perdre un peu sur le signal utile, à condition que le pollueur ne soit pas strictement dans la même direction que l'émetteur à recevoir et que la source de parasite ne soit pas multiple !

2- Champ électrique et champ magnétique

Alors qu'une antenne filaire est sensible au champ électrique, une loop capte le champ magnétique. Or ces 2 champs ont des valeurs relatives différentes lorsqu'on est situé à moins d'une longueur d'onde. On dit couramment que les 2 composantes du champ électromagnétique ne sont " établies de façon stable " qu'à distance de l'émetteur.

Après démonstration mathématique, VK5BR résume ceci sur le graphe ci-dessous :

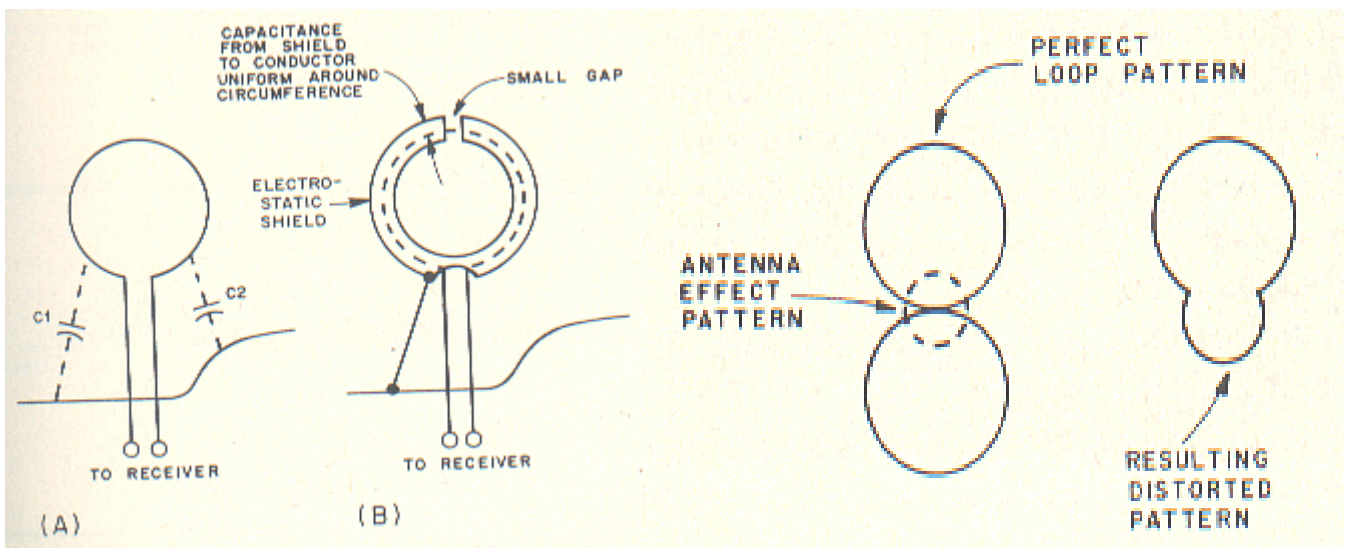


Ainsi, pour $F=136\text{kHz}$ (longueur d'onde 2205m), si le parasite se trouve à moins de 110m, son champ magnétique sera inférieur de plus de 10 dB à son champ électrique (et de plus de 30 dB pour une distance inférieure à 11m), alors que pour la réception de l'émetteur recherché (à beaucoup plus grande distance) la différence n'existera pas.

Conclusion : si on sait éliminer la réception du champ électrique, un parasite proche sera affaibli sur une loop (en relatif par rapport à une antenne filaire), ce qui ne sera pas le cas d'une émission plus lointaine. Cette propriété particulière ne se manifeste que pour des ondes longues (pour 14 Mhz, il faudrait que le parasite soit situé à moins de 1m (!) pour que l'atténuation soit de 10 dB), ce qui permettait de dire dans les années 40 et 50 où la réception des Grandes Ondes était majoritaire que le must était un " poste de TSF équipé d'un cadre antiparasites ".

3-Réception du seul champ magnétique

La seule solution est de blinder le cadre, car un effet antenne apparaît dès qu'il y a dissymétrie dans le cadre (par rapport à la masse). Les 2 cas de figures (A et B) sont ainsi illustrés (à gauche) par le Handbook . De plus, la directivité (la profondeur du " nul ") en est affectée comme l'indiquent les diagrammes (à droite).



Pour éviter que le blindage forme une boucle fermée, sa coupure est prévue au sommet. De plus, il faut que le préamplificateur éventuel et le câble de sortie soient eux aussi symétriques (sinon prévoir un passage asymétrique/symétrique). Dans ces conditions, des " nuls " de plus de 60 dB sont obtenus.

4- Les caractéristiques de la loop

La tension E° maximale (angle nul) induite dans une loop aperiodique est donnée par la formule :

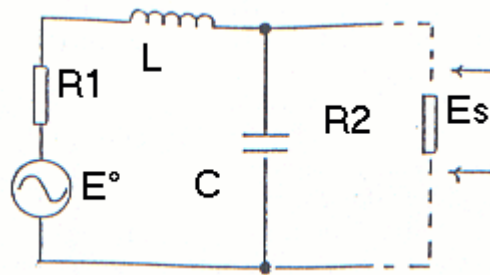
$$E^\circ = 2 \cdot \pi \cdot e \cdot N \cdot A / \lambda$$

avec :

E° en microvolts $\pi = 3,14$ $e =$ champ en microvolts par mètre $N =$ nombre de spires

$A =$ surface de la loop en m^2 $\lambda =$ longueur d'onde reçue (300 000/F)

En fait la loop est généralement accordée (pour bénéficier du facteur de surtension) et débite sur le récepteur. On peut alors représenter l'ensemble :



$E^\circ =$ tension induite $R1 =$ résist. de la loop ($R1 = R_p$ (perte ohmique) + R_r (résist. rayonnement))

$C =$ capacité (parasite + accord) $L =$ self de la loop $R2 =$ résist. de charge $E_s =$ tension de sortie

Pour optimiser la réception, on peut travailler sur différents paramètres :

4-1 Surface de la loop A

La tension induite étant proportionnelle à la surface, on voit qu'en augmentant de 40% le diamètre (ou le côté du carré), on augmente de 100% la tension induite. Mais on est vite limité dans le domaine amateur, et des boucles de 1m à 1,60m de diamètre sont encore réalisables.

4-2 Nombre de spires N

La tension est là aussi proportionnelle à N, mais outre les problèmes de réalisation, il faut voir que plus on augmente le nombre de spires, plus la valeur de L croit, et que L impose la fréquence d'accord (en relation avec C capacité parasite et/ou d'appoint), selon la formule de Thomson bien connue $L \cdot C \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot F^2 = 1$. Il faut donc minimiser la capacité d'accord (et en particulier la capacité parasite du bobinage) pour pouvoir avoir la plus grande self possible, donc le nombre maximal de spires. La capacité parasite sera minimisée en espaçant les spires entre-elles (et bobinées sur une

seule couche) et en les éloignant au maximum du blindage anti-champ électrique.

4-3 Surtension et résistance de la loop

Le facteur de surtension Q joue dans l'équation $E_s = Q \cdot E^o$, avec $Q = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot F / R_1$, et on utilisera une résistance de sortie R_2 très forte pour ne pas dégrader Q . On remarque que plus L est important, plus le facteur de surtension augmente et plus la tension de sortie est élevée, ce qui va dans le même sens que précédemment (nb de spires). L'idéal est d'obtenir la résonance dans le haut de bande (137,8 kHz pour les amateurs) avec les seules capacités parasites, et d'ajouter une capacité variable si nécessaire pour le bas de bande (135,7kHz).

On peut minimiser R_1 ($R_1 = R_p$ (perte ohmique) + R_r (résit. rayonnement)), en diminuant R_p , en utilisant du fil de cuivre le plus gros possible. Mais on est là aussi limité par la nécessité de conserver un espacement entre spires (pb de capacité parasite) et par le coût (c'est plusieurs centaines de mètres de fil).

On ne doit pas craindre qu'un trop fort coefficient de surtension réduise à l'excès la bande passante, les transmission (CW ou autre) se faisant à de très basse vitesses.

Des essais ont été faits en utilisant des préampli à réaction (l'ancien Q multiplicateur) qui augmente apparemment la surtension, mais amplifie encore plus le bruit du transistor ou du tube, et cette méthode a été abandonnée.

On a vu que la résistance de charge R_2 devait être élevée pour ne dégrader le facteur Q . C'est pourquoi les spécialistes préconisent soit des transistors FET UHF à très faible bruit (le signal délivré par la meilleure des loop est faible sur 136kHz) soit des CI spécialisés.

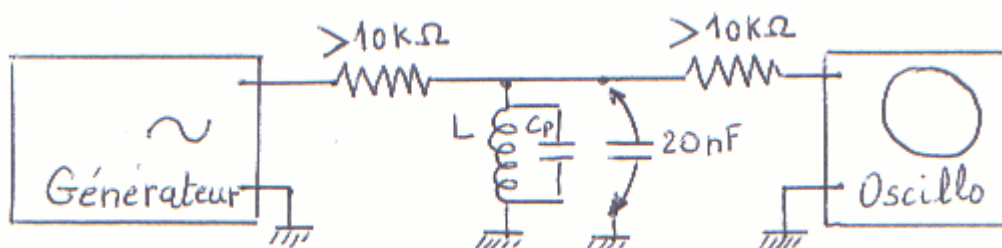
5-Mesure des caractéristique de la loop

Il est important de connaître les paramètres de la loop construite, en vue d'une amélioration ultérieure.

5.1 Mesure de L

On utilise un générateur (plutôt BF pour la gamme 0-150kHz dont on mesure la fréquence par écoute d'une harmonique sur le Rx), et un oscilloscope. On met en parallèle une capacité importante (20 nF par exemple) dont on aura mesuré auparavant la valeur (de nombreux multimètres digitaux ont cette possibilité), et on mesure la fréquence F de résonance, sachant qu'on estimera que la capa parasite de la self est négligeable par rapport aux 20F. On en déduira la valeur :

$L = 1 / (C \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot F^2)$ avec $C = 20$ nF dans notre exemple

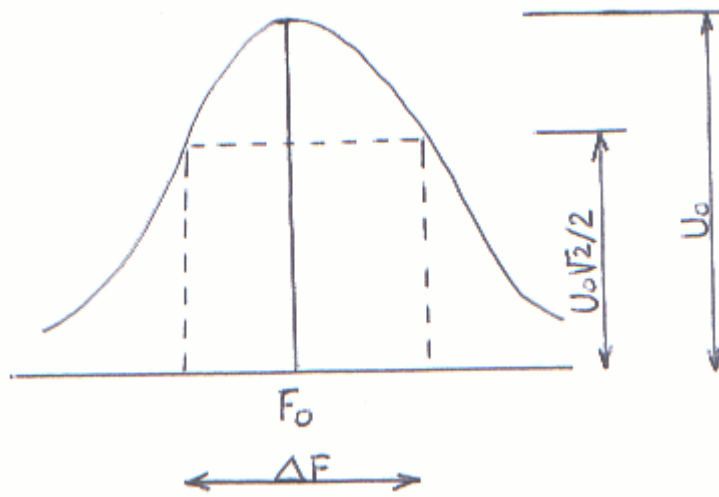


5.2 Mesure de la capacité parasite Cp

Pour calculer la capacité parasite C_p de la loop, on utilise le même montage que précédemment, mais sans la capacité additionnelle de 20 nF. On obtient la résonance à une nouvelle fréquence F et on en tire C_p :

$C_p = 1 / (L \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot F^2)$ en utilisant la valeur L calculée précédemment

5.3 Mesure du facteur de surtension Q



On utilise le même montage que pour mesurer C_p , mais cette fois on déterminera le ΔF (qui encadre la fréquence de résonance F_0) pour lequel on passe de U_0 (le maximum à F_0) à $U_0 \cdot 0,707$.

On en tire ensuite :

$$Q = F_0 / (\Delta F)$$

5.4 Mesure de R_p et calcul de R_r

On sait que $Q = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot F / R$ avec $R = R_p$ (résist.perte ohmique) + R_r (résistance de rayonnement).
On mesure directement R_p avec un ohmètre précis (digital) et on déduit R_r :

$$R_r = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot F / Q - R_p$$

On dispose maintenant des valeurs de L , C_p , R_p , R_r , et on constate alors qu'on peut encore améliorer la loop dont on était si content, et tout recommencer !