

Comment ça marche ?

L'ANTENNE ACTIVE

2 - Petite boucle

Par le radio-club F6KRK

L'expression "antenne active" est ambiguë. Elle pourrait faire croire qu'une électronique quelconque puisse améliorer les performances d'une antenne. Bien sûr, il n'en est rien, une antenne est un système passif et l'électronique ne peut qu'améliorer l'adaptation de l'antenne au récepteur. Dans un précédent "Comment ça marche ?" nous avons vu l'antenne active type fouet court, avec un exemple pour la bande 137 kHz. Cette fois-ci nous déclinons le principe avec une petite boucle.

Une boucle dont le diamètre est inférieur au centième de la longueur d'onde peut être assimilée à une **boucle élémentaire**. Ses caractéristiques électriques sont régies par les équations de la figure 1.

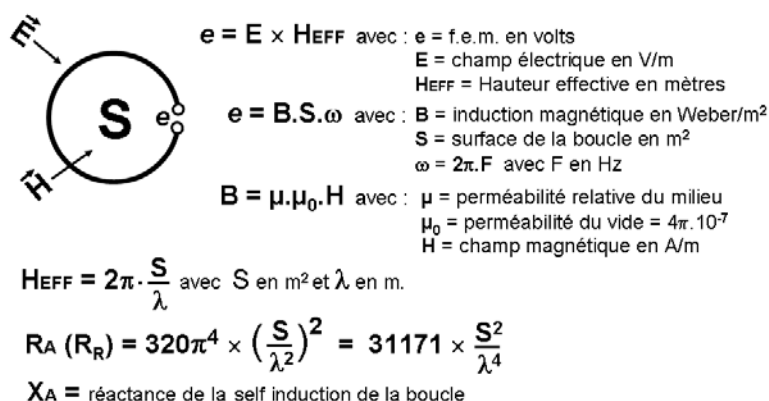


Figure 1

On remarquera que la résistance de rayonnement est extrêmement faible pour de petites surfaces comparées à la longueur d'onde. Pour une dimension donnée, R_r est inversement proportionnelle à la puissance 4 de la longueur d'onde, alors qu'elle ne l'est qu'à la puissance 2 pour un fouet court. La hauteur effective diminue aussi proportionnellement à l'inverse de la longueur d'onde, alors qu'elle est constante pour un fouet court. Ainsi, pour des dimensions réduites par rapport à λ , la f.é.m. de la boucle est beaucoup plus faible que celle du fouet. Par contre, du fait de sa faible réactance, la boucle a une impédance interne beaucoup plus faible que celle du fouet. Ceci permettra d'augmenter la tension lue par le buffer d'une antenne active grâce à une adaptation adéquate, comme montré sur la figure 2.

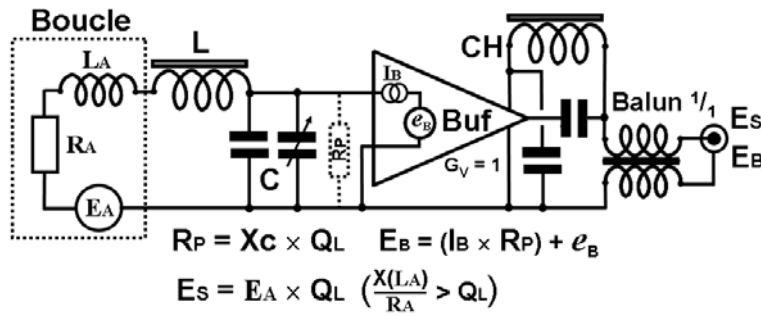


Figure 2

Le système est basé sur le principe du Q-mètre. Il travaille à la résonance. Le Q du circuit est celui de la bobine si le Q de la boucle lui est plus grand ou égal. Considérant que celle-ci constitue une source de tension E_A quasi parfaite, la tension aux bornes de C est égale à E_A multipliée par le Q de la bobine ⁽¹⁾. Les limites du système sont pratiques. Il faut une valeur $X_C = X_L$ la plus faible possible pour diminuer la tension de bruit électronique développée aux bornes de C (origine = I_B), et un Q le plus élevé possible pour augmenter la tension du signal, par rapport à la tension de bruit du buffer (e_B). Le Q doit être d'autant plus élevé que la bande passante du canal est étroite, car l'amplitude des signaux diminue ⁽²⁾.

Il est nécessaire d'intercaler un balun 1/1 entre le système et le câble coaxial, car la boucle est "flottante" (sinon, le coaxial ferait partie du système antennaire).

Résultats pour le 137 kHz

Soit une boucle carrée de 2 m × 2 m ($S = 4 \text{ m}^2$) réalisée avec un tube en cuivre de 22 mm de diamètre.

$F = 137 \text{ kHz}$ ($\lambda = 2190 \text{ m}$).

Bande passante du canal = 10 Hz (modes numériques lents).

F_a (bruit de bande) = 75 dB, soit un champ E de 0,013 $\mu\text{V/m}$ pour une bande de 10 Hz ⁽³⁾.

H_{EFF} de la boucle = 0,013 m

$e = 13 \text{ nV/m} \times 0,013\text{m} = 0,17 \text{ nV}$

Self de la boucle $L_A \approx 7,5 \mu\text{H}$.

Résistance de la boucle $R_A = 12,5 \text{ m}\Omega$ (pertes ohmiques).

Q de la boucle ($\omega L_A / R_A$) ≈ 516 .

Résistance de rayonnement $R_R = 0,025 \mu\Omega$ (négligeable)

Pour L on prend un pot 22×13 en ferrite T10 avec un AL de 160 nH. En bobinant 30 spires de fil divisé de 45×0,05, on obtient une self de 144 μH ($X_L = 124 \Omega$) avec un Q de 500. Alors la self totale est égale à 151,5 μH , $X_L + X_{L_A} = 130 \Omega$ et C = 8920 pF d'excellente qualité (soit plusieurs condensateurs mica + CV à air en parallèle).

Dans ces conditions, $R_p = 130 \times 500 = 65 \text{ k}\Omega$

Bruit en courant du buffer : 0,2 pA/Hz.

$E_B = 0,0002 \text{ nA} \times 65000 \times \sqrt{10} = 41,1 \text{ nV}$ (on néglige la tension de bruit du buffer).

Tension correspondant au bruit de bande :

$E_S = e.Q = 0,17\text{nV} \times 500 = 85 \text{ nV}$.

Dans cet exemple, le bruit électronique étant 6,3 dB en dessous du bruit de bande, la surface de la boucle est suffisante. Mais c'est parce que le système d'adaptation est performant, de même que le facteur de bruit du buffer. On rappelle qu'ici le bruit de bande correspond à un QRA en rase campagne. En ville, en tenant compte du bruit industriel, la boucle serait largement dimensionnée. Un point important de ce système est qu'il est en bande étroite (bande égale ici à 274 Hz). Ceci oblige à avoir un accord (CV) pour couvrir toute la bande

allouée. Mais grâce au filtrage apporté, la dynamique demandée au récepteur est réduite.

Comparaisons entre le fouet et la boucle.

Entre un fouet de 4 m et une boucle de 4 m², dans nos exemples les résultats sont quasiment identiques. Mais cela suppose que certaines conditions soient remplies :

- plan de sol quasi parfait pour le fouet ⁽⁴⁾
- bobine d'excellente qualité pour la boucle.

En résumé, une antenne active du type fouet est facile à réaliser mais nécessite un plan de sol. Une antenne active du type boucle n'a pas ce problème, mais elle est plus difficile à réaliser, tant mécaniquement que pour son adaptation.

Un aspect important concerne la bande passante de réception qui est filtrée avant le buffer pour la boucle alors qu'elle ne l'est qu'après pour le fouet ⁽⁵⁾, ce qui demande une plus grande dynamique pour l'électronique du buffer.

Un autre aspect concerne la directivité. Pour les grandes longueurs d'onde, la polarisation est verticale. Dans ce cas, la directivité H du fouet est omnidirectionnelle, alors que celle de la boucle est constituée de deux cercles tangents. Il y a donc un "nul" dans le diagramme qui peut être mis à profit dans certaines conditions pour "éliminer" un brouilleur gênant. Mais pour être sûr d'avoir la meilleure sensibilité, il est nécessaire d'orienter la boucle en direction de l'émetteur.

Dans les prochains "Comment ça marche", nous aborderons les cadres qui sont dérivés de la petite boucle.

La Rubrique "Comment ça marche ?" est une activité collective du radio-club F6KRK (<http://www.f6krk.org>). Pour une correspondance technique concernant cette rubrique : "f5nb@ref-union.org".

Notes.

- 1) *Inversement, connaissant U aux bornes de C et e, on en déduit le Q de la bobine ($Q=U/e$).*
- 2) *Si l'on diminue la bande passante, c'est justement pour pouvoir "sortir" de plus faibles signaux.*
- 3) $E_{(dB\mu V/m)} = Fa + 10.LOG B_{(Hz)} + 20.LOG F_{(MHz)} - 95,5$. *Fa est un facteur de bruit en décibels correspondant ici au bruit de bande moyen reçu à la campagne.*
- 4) *On considère qu'un plan de sol d'un rayon égal à la hauteur du fouet suffit. Un véhicule métallique convient bien pour un fouet de 1m (antenne autoradio).*
- 5) *Sauf si l'on neutrodyne les capacités parasites en accordant le fouet avec une bobine, mais on introduit d'autres pertes.*