

# Comment ça marche ?

## L'ANTENNE ACTIVE

### 1 - Fouet court

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. Couramment, on désigne par "antenne active" deux systèmes aux principes différents. Le premier cas est représenté par une antenne active de réception FM ou TV. Le deuxième est représenté, entre autres, par une antenne active de réception des grandes longueurs d'ondes du type fouet court.*

#### Antenne active V/UHF.

Dans ce cas, nous avons un préamplificateur connecté directement aux bornes d'une antenne résonante. Cela permet d'améliorer le facteur de bruit de la réception, d'une part avec un facteur de bruit du préamplificateur meilleur que celui du poste, et d'autre part en masquant les pertes diverses entraînées par une liaison directe par câble coaxial. Ce système antennaire est simple à comprendre, et nous n'en parlerons pas.

#### Antenne active pour grandes longueurs d'ondes (fouet court).

Dans ce cas, nous avons une antenne très petite devant lambda ( $< \lambda/100$ ). Il peut alors être intéressant, sous certaines conditions, de ne pas essayer de récupérer une puissance à la sortie de l'antenne, mais de lire la tension à ses bornes. Le principal avantage est de conserver une grande bande passante, et le système est limité seulement par la dégradation du rapport S/B entraînée par l'électronique "active".

Le principe est montré sur la figure 1.

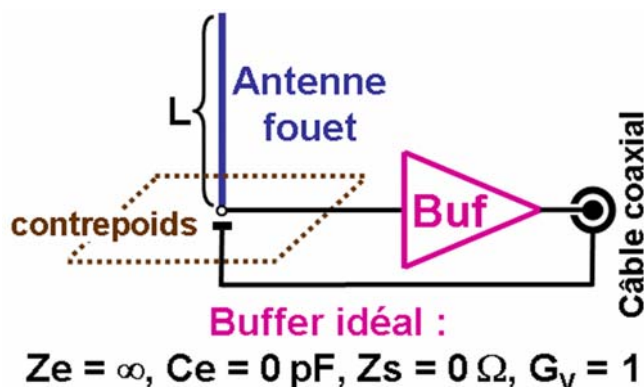


Figure 1.

Sur la figure 2 nous avons une représentation électrique du système.

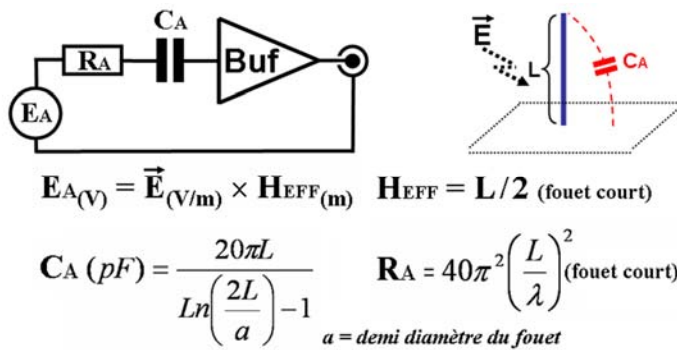


Figure 2.

$E_A$  est la tension induite aux bornes du fouet,  $R_A$  est sa résistance de rayonnement et  $C_A$  représente sa capacité répartie.  $H_{EFF}$  est sa hauteur effective. Par ailleurs  $I_B$  est le bruit en courant du buffer et  $C_E$  sa capacité d'entrée.

On suppose que l'impédance d'entrée du buffer (FET) est grande devant la réactance de  $C_A + C_E$  et qu'il n'y a aucune perte par effet Joule.

### Calcul du bruit électronique du système.

Soit un fouet de 4 m de long ( $H_{EFF} = 2\text{m}$ ) et de 30 mm de diamètre (pas de déclaration).

Fréquence de travail : 137 kHz ( $\lambda = 2190\text{ m}$ ).

Soit une bande passante de 10 Hz (modes numériques lents)

$R_A = 395 \times (4 / 2190)^2 \approx 1,3\text{ m}\Omega$  (n'a aucun effet ici sur le système)

$C_A = 48\text{ pF}$  (calculée)

$C_E = 4,5\text{ pF}$  (donnée du data-sheet du FET)

Courant de bruit du FET,  $I_B = 0,2\text{ pA}_{\text{eff}}$  pour une bande de 1 Hz (donnée tirée du data-sheet).

$X(C_A + C_E) = 23000\ \Omega$  (calculée)

$E_B = 0,2 \times 0,023 \times \text{racine de } 10 = 0,015\ \mu\text{V}^{(1)}$ .

### Calcul du bruit de bande reçu.

Le bruit de bande est composé de bruits atmosphériques et de bruits industriels. En campagne isolée, le bruit industriel est sensiblement égal au bruit moyen atmosphérique. Dans un milieu urbain, celui-ci est supérieur d'une trentaine de décibels. Des courbes mondiales du bruit de fond minimal attendu ( $F_a$  en dB au dessus de  $KT_0B$ ) en fonction de la géographie, de la saison et de certaines tranches horaires sont publiées par l'UIT.

Supposons que nous soyons installés en pleine campagne pour trafiquer sur notre bande favorite de 137 kHz. Dans ce cas,  $F_a$  est de 75 dB et correspond à un champ électrique de :  $N_E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = 75 + 10 \text{ Log}(B) + 20 \text{ Log}(F) - 95,5 = -37,8\text{ dB}\mu\text{V/m}$ , soit  $0,013\ \mu\text{V/m}$ , avec  $B = 10\text{ Hz}$  (bande passante), et  $F = 0,137\text{ MHz}$  (constante de -95,5 pour un fouet vertical au sol).

Cela nous donne une tension à la sortie du buffer de :  $0,013\ \mu\text{V/m} \times 2\text{ m} \times C_A / (C_A + C_E) = 0,023\ \mu\text{V}$  (2 m est la hauteur effective  $H_{EFF}$ ), soit 3,7 dB au dessus du bruit électronique qui est de  $0,015\ \mu\text{V}$ .

Si le bruit ajouté par le système est inférieur au bruit ambiant reçu, le rapport S/B à la sortie sera à peine inférieur au rapport S/B naturel (pour cette fréquence, ce lieu et cette heure). Il n'y a alors aucun intérêt à augmenter la taille du fouet. En effet, les niveaux reçus du signal et du bruit augmenteraient proportionnellement, et masqueraient l'amélioration du rapport S/B propre au système. Par contre, l'augmentation globale des signaux à l'entrée du récepteur

diminuerait la dynamique (risques de transmodulation et d'intermodulation). On arrive ainsi à une notion de hauteur efficace optimale pour le fouet. Celle-ci change avec le niveau de bruit de fond attendu, lui-même variant en fonction de la fréquence, du lieu de réception, de la saison et de l'heure.

N-B : Pour tous ces calculs, on a supposé avoir un contrepoids de qualité. C'est difficile à obtenir et avoir un médiocre contrepoids revient à diminuer la hauteur effective et la capacité du fouet <sup>(2)</sup>.

Maintenant, supposons que l'on ne puisse pas habiter ailleurs qu'en milieu très urbanisé. Il faut alors ajouter 30 dB au bruit de bande. Dans ce cas, notre fouet est trop efficace (trop grand). Un calcul de sa hauteur optimum nous donne 0,8 m (tous les autres paramètres identiques). Mais naturellement, il ne faudra pas s'attendre à écouter les mêmes DX qu'au milieu du plateau du Larzac.

### *Amélioration du système.*

Il faut prendre le buffer le plus performant possible. Par exemple, Une réduction du bruit du FET de deux fois permettrait de diviser par 1,7 la hauteur du fouet.

On peut neutrodiner les effets de la capacité d'entrée  $C_E$  du système. Cette capacité englobe la capacité du buffer plus les capacités parasites de la liaison entre lui et le fouet. Le neutrodynage s'effectue en mettant en parallèle sur  $C_E$  une bobine pour constituer un circuit oscillant, comme avec les anciens auto-radios. Le système perd ses propriétés large bande, celle-ci étant d'autant plus étroite que le rendement est élevé (circuit oscillant à fort Q en charge).

Si l'on veut conserver une large bande, une autre solution consiste à augmenter la capacité répartie du fouet, soit en augmentant son diamètre, soit en le remplaçant par une plaque métallique. Alors, on améliore le rapport  $C_A/C_E$  et on diminue le bruit généré par le buffer, car  $X(C_A+C_E)$  diminue (tant que l'on considère comme négligeable le bruit en tension du FET).

### *Variante*

On peut s'affranchir du contrepoids en remplaçant un fouet standard par un doublet à alimentation "center fed" avec un buffer différentiel en son centre.

Nous continuerons la série des antennes actives avec une petite boucle après avoir consacré le prochain "Comment ça marche" au fonctionnement de la boucle dite "magnétique".

**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) Pour des bandes passantes supérieures à 10 Hz, on néglige la tension de bruit du FET. Pour de très faibles bandes passantes (utilisées pour améliorer la sensibilité), les niveaux d'entrée baissent et rejoignent le niveau de bruit en tension du FET. Donc pour profiter d'une diminution de la bande, il faudra augmenter la hauteur effective du fouet, ce qui augmentera d'autant la dynamique demandée au récepteur.
- 2) 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).