

# Comment ça marche ?

## La HAUTEUR EFFECTIVE d'une antenne

Par le radio-club F6KRK

*On a coutume de dire que l'on allonge une antenne courte en lui insérant une bobine. En réalité, on n'allonge pas sa partie rayonnante, mais parfois on augmente sa hauteur effective. Qu'est-ce que la hauteur effective ? C'est ce que nous allons voir.*

### Efficacité d'une antenne.

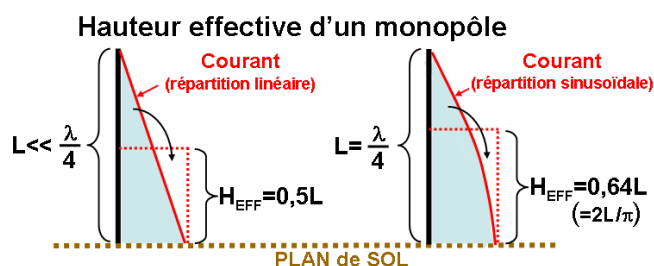
On considère qu'une antenne est d'autant plus efficace (qu'elle a un meilleur rendement) que sa résistance de rayonnement (mesurée à un ventre de courant) est élevée. Autrement dit, qu'il faille y faire circuler moins de courant pour la même puissance rayonnée (le rayonnement ne dépend que du courant dans l'antenne).

Quand on réduit de deux fois la longueur d'un monopôle  $< \lambda/4$ , sa résistance de rayonnement diminue de quatre fois et il faut y faire circuler deux fois plus de courant pour rayonner la même puissance (application de la loi d'Ohm).

Par ailleurs, si le courant n'est pas constant dans le monopôle, la résistance de rayonnement baisse également, proportionnellement au rapport courant maxi / courant moyen.

### Hauteur effective d'une antenne.

La hauteur effective d'une antenne est la longueur d'une antenne filaire fictive qui serait parcourue par un courant constant égal au courant moyen dans l'antenne réelle, et qui rayonnerait la même puissance. Ceci sera plus clair avec l'exemple de la figure 1.



La hauteur effective, comme la résistance de rayonnement, n'augmente pas indéfiniment avec la longueur d'une antenne filaire à cause des inversions de courant toutes les demies ondes et des changements de directivité. Nous avons sur la figure 2 l'allure du gain, de la résistance de rayonnement et de la hauteur effective en fonction de la longueur d'un dipôle exprimée en lambdas.

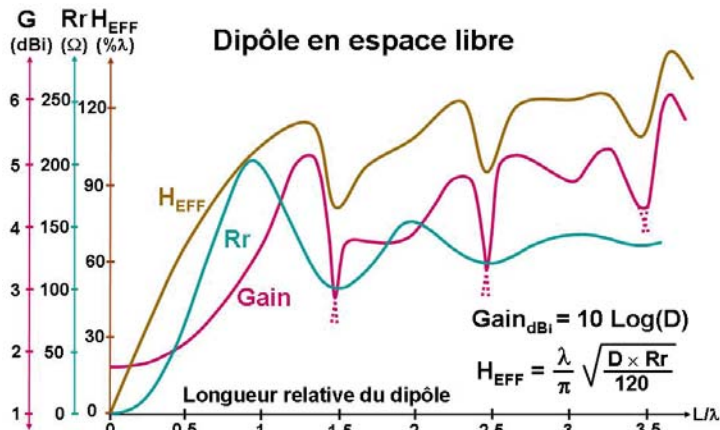


Figure 2.

Noter que la hauteur effective est donnée ici en fraction de longueur d'onde et qu'il faille arriver à une longueur de dipôle de plus de  $3,5 \lambda$  pour atteindre une  $H_{EFF}$  de  $1,4 \lambda$ .

### Hauteur effective et antenne courte.

Une antenne raccourcie est fortement réactive (capacitive). Pour neutraliser sa réactance, on utilise généralement une bobine en série avec le monopôle. On peut insérer la bobine à n'importe quel endroit de celui-ci, mais avec des valeurs de self différentes et des effets différents sur la hauteur effective. Considérons la figure 3.

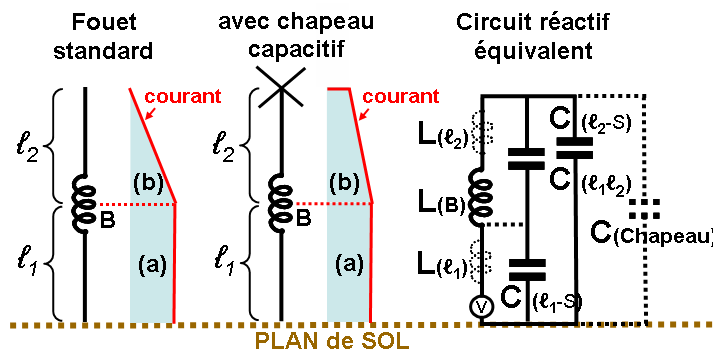


Figure 3.

N-B : Pour des raisons de clarté, la capacité (*chapeau*  $\leftrightarrow$   $l_1$ ) n'est pas figurée, ce qui ne change pas le raisonnement.

Soit une longueur de fouet constante :

a) **Premier cas avec bobine à la base** ( $l_1$  n'existe pas). Alors le courant a la forme (b) et la hauteur effective est égale à  $l_2 / 2$ . La bobine réalise l'accord avec  $C(l_2-Sol)$  et sa valeur est minimum. Soit  $R_r$  sa résistance de rayonnement.

b) **Deuxième cas avec bobine au centre**. Nous avons le fouet standard décrit sur la fig. 3. Alors le courant moyen est égal aux  $3/4$  du courant maxi. La hauteur effective est égale à  $l_1 + (l_2/2)$ . Elle est multipliée par 1,5 et  $R_r$  par 2,25 ( $1,5^2$ ). Pour la valeur de la bobine, c'est plus compliqué. On remarquera que la tension aux bornes de  $C(l_1-Sol)$  est beaucoup plus faible ( $Q$  fois <sup>(1)</sup>) que celle aux bornes de  $C(l_2-Sol)$ . L'énergie transite alors par ce dernier qui a une capacité plus faible que  $C(l_1-Sol)$  (brin  $l_2$  plus éloigné du sol), ce qui entraîne une valeur de  $B$  plus grande.

c) **Bobine au sommet**. En examinant le circuit réactif équivalent, on voit que  $C(l_2-Sol)$  et  $C(l_1-l_2)$  sont nuls, ce qui entraînerait une bobine de valeur quasiment infinie, irréalisable en pratique.

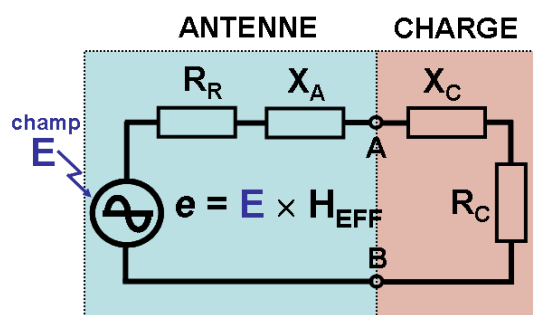
d) **Ajout d'un chapeau capacitif.** Cette solution n'a que des avantages :

- Le courant à l'extrémité du fouet est augmenté, et sa répartition se rapproche de l'uniformité, comme vu sur la fig. 3. Donc augmentation de la hauteur effective.
- On peut maintenant insérer une bobine de valeur raisonnable au sommet du fouet, juste sous le chapeau pour profiter au maximum de l'augmentation de la hauteur effective.
- Quel que soit l'endroit où est insérée la bobine, celle-ci aura une valeur plus faible pour obtenir l'accord, donc une résistance de perte plus faible et un meilleur rendement.

Les limites du système sont mécaniques. Se souvenir que, même avec un courant constant dans le fouet, sa hauteur effective ne peut pas dépasser sa longueur physique, donc on ne peut augmenter sa résistance de rayonnement que dans un rapport de 4 fois. Avec ce système, c'est surtout la diminution des pertes dans la bobine qui est recherchée.

### Hauteur effective en réception.

L'antenne étant un système passif est réversible, sauf qu'en réception ce n'est plus une charge, mais une source de f.e.m. L'antenne en réception peut être modélisée par une source de tension ayant une impédance interne égale à la mise en série de sa résistance de rayonnement et de sa réactance <sup>(2)</sup>. La puissance récupérée sera maximum quand l'antenne sera chargée par une impédance conjuguée à son impédance interne. La valeur de la f.e.m. est directement proportionnelle à sa hauteur effective, multipliée par le champ **E** reçu. Tout cela est résumé sur la figure 4.



$$\text{Puissance disponible } P_d = \frac{(H_{EFF} \times E)^2}{4 R_R}$$

Hypothèse :  $X_C = -X_A$  et  $R_C = R_R$  (adaptation parfaite) Figure 4.

$P_d$  est exprimée en watts quand **E** est en Volts par mètre,  $H_{EFF}$  en mètres et  $R_R$  en ohms. Dans le cas de pertes, cela revient à mettre la résistance de perte  $R_P$  en série avec la résistance de charge  $R_C$ . Alors la puissance disponible est réduite dans le rapport  $R_C / R_R$  (adaptation parfaite,  $R_C + R_P = R_R$ ).

Noter que la hauteur effective étant une f.e.m, elle est indépendante de la résistance d'antenne (résistance de rayonnement plus résistance de perte).

Nous concluons en précisant que la hauteur effective, la résistance de rayonnement et la directivité constituent les trois paramètres fondamentaux des antennes.

Enfin, ne pas confondre la hauteur effective d'une antenne de réception avec sa hauteur efficace. Celle-ci sera l'objet d'un prochain "Comment ça marche".

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)  $Q=X/R$ . La réactance d'une antenne courte est élevée et sa résistance faible.
- 2) Résistance de rayonnement "réelle" présentée par l'antenne. Pour celles qui sont alimentées en dehors d'un ventre de courant, elle est différente de la résistance de rayonnement définie conventionnellement.