

# L'antenne HF très courte en émission

Robert BERRANGER F5NB

*Régulièrement, nous voyons apparaître des antennes HF très courtes dont les concepteurs voudraient nous faire croire qu'elles fonctionnent aussi bien que les grandes. Depuis un siècle que l'on étudie et fabrique des antennes, si c'était possible, cela se saurait et plus personne ne s'embarrasserait des monstres que nous utilisons encore couramment. (Article publié dans Radio-REF de juin 2005)*

## Antennes ouvertes.

Nous considérerons ici l'antenne ouverte dite "à ondes stationnaires". C'est le cas quand l'extrémité du brin rayonnant opposée à l'alimentation est "en l'air". Elle peut être dipôle ou monopôle. Dans ce dernier cas le deuxième pôle est constitué d'un contrepoids, en principe non rayonnant.

Nous parlons d'antennes très courtes quand leurs dimensions ne dépassent pas  $\lambda/40$  par pôle. Dans cet article, nous partirons de la longueur d'une antenne commerciale genre "E-H type perche", qui fait 1 m pour la bande des 40 m, et nous examinerons la possibilité d'une meilleure réalisation en appliquant aux antennes les lois connues de l'électromagnétisme. Pour avoir un bon rendement électrique d'un **système antennaire**, il est préférable que le brin rayonnant soit en résonance ou en antirésonance (L multiple de  $\lambda/4$ ). Si la résonance n'est pas nécessaire vue du côté antenne, c'est l'une des exigences, vue du côté émetteur<sup>(1)</sup>. Si le brin n'est pas résonant, l'accord nécessitera des composants supplémentaires qui pourront avoir des pertes. Ces composants, en principe non rayonnants, seront à constantes réparties comme une ligne, ou à constantes localisées comme une bobine ou un condensateur. Ce sont généralement les bobines qui ont le plus de pertes, et on essaiera de s'en passer dans la mesure du possible.

Pour faciliter le rayonnement (donc minimiser les pertes) d'une antenne très courte, il faut que le brin rayonnant soit le plus long possible, parcouru par un courant constant et ne pas nécessiter de bobine pour son accord, ou alors d'une valeur la plus faible possible.

**Ce sont les seules conditions. Il n'y en a pas d'autres.** Inutile de chercher une solution "miracle", sauf à utiliser d'autres lois que celles que nous connaissons sur le rayonnement électromagnétique.

Donc, pour notre antenne de 1 m, le brin rayonnant sera de 1 m. Pour avoir un courant constant, la solution est connue depuis longtemps. Il faut "charger" l'extrémité du brin rayonnant par une capacité répartie de façon à avoir la résonance avec la self répartie du brin. Le problème, c'est que cette capacité répartie ne peut être obtenue qu'avec des brins de grande dimension comparés au brin rayonnant. Or, si l'on n'a pas la place pour un brin rayonnant plus grand, on n'en a pas non plus pour la charge capacitive<sup>(2)</sup>.

Dans notre cas, on peut penser raisonnablement qu'on dispose d'une largeur de 50 cm, ce qui nous permet une charge capacitive composée de brins de 25 cm.

Mais alors, nous n'aurons plus la résonance. Il faudra donc "rallonger" électriquement notre antenne par une bobine. Pour conserver un courant quasi uniforme, cette bobine sera insérée

du côté charge capacitive. Nous obtenons ainsi une antenne telle que décrite sur la figure 1. Celle-ci est un **monopôle**.

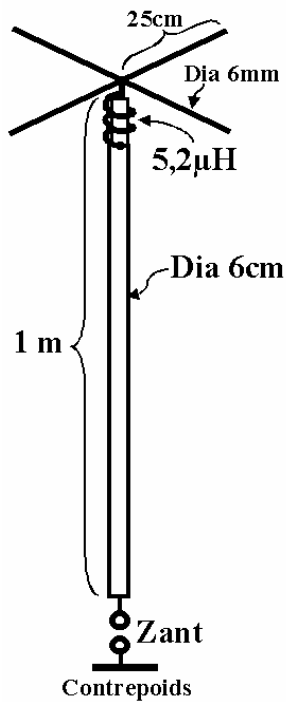


Figure 1

Nous avons sur la figure 2 le schéma électrique équivalent.

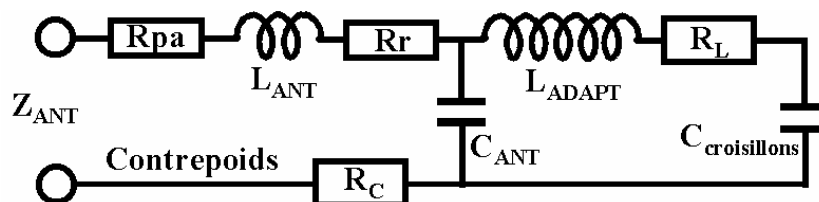


Figure 2

$L_{ADAPT}$  est beaucoup plus grand que  $L_{ANT}$  de même que  $C_{CROIS}$  est plus grand que  $C_{ANT}$ .  $R_r$  est la résistance de rayonnement,  $R_{pa}$  la résistance de pertes du brin rayonnant et  $R_L$  la résistance de pertes de la bobine. Pour une antenne très courte, c'est elle qui est la plus élevée. Comme elle est proportionnelle à la racine carrée de la valeur de  $L_{ADAPT}$ , on a intérêt à diminuer la valeur de celle-ci, donc à augmenter  $C_{CROIS}$ . La fréquence de résonance dépend principalement de  $C_{CROIS}$  et de  $L_{ADAPT}$  ce qui se vérifie en doublant la longueur du brin rayonnant et en constatant que la fréquence de résonance bouge très peu. A la résonance,  $C_{ANT}$  dont la réactance est élevée est shuntée par  $R_L$  beaucoup plus faible. Ceci provoque un courant important dans  $L_{ANT}$ , courant quasiment constant tout le long du brin rayonnant.  $R_C$  est la résistance de pertes du contrepoids.

Compte tenu du volume de l'antenne, nous avons ici le système "antenne ouverte" ayant le meilleur rendement électrique. Il ne faut pas en chercher d'autres. On peut l'optimiser en jouant sur le diamètre du brin rayonnant et sur le nombre de brins du chapeau capacitif, mais cela ne portera que sur des fractions de décibel.

Maintenant, il y a quand même un "Hic". C'est qu'un monopôle ne fonctionne qu'avec un contrepoids. Le résultat final dépendra pour une bonne part de la qualité du contrepoids, part d'autant plus grande que le monopôle a une faible résistance (cas du monopôle court). C'est donc sur le contrepoids que l'ingéniosité de l'OM devra s'exercer.

L'autre solution consiste à s'en passer en dupliquant l'antenne qui devient dipôle. Pour nous, il ne serait pas raisonnable de diminuer la longueur de chaque pôle, et l'antenne dipôle aura donc une longueur de 2 m<sup>(3)</sup>. Les performances de nos deux antennes comparées à des antennes résonantes standard sont résumées dans le tableau 1, obtenu avec un simulateur professionnel utilisant le moteur de simulation NEC-2.

<b>F = 7 MHz</b>	<b>Q bobine</b>	<b>Za Ω</b>	<b>Sol</b>	<b>Gain dBi</b>	<b>à élév.</b>	<b>Bande ROS-3</b>
<b>Monopôle λ/4 vertical dia 6 cm</b>		37	parfait	5,1	0°	>100k
		80	mer	2,2	10°	
<b>Monopôle V 1 m dia 6cm croisillons 4 x 0,25m dia 6mm bobine 5,2μH</b>	300	24	parfait	-8,4	0°	30k
		70	mer	-13	10°	75k
	600	13	parfait	-5,6	0°	15k
		55	mer	-12,2	10°	60k
<b>Dipôle λ/2 vertical H<sub>(alim)</sub> = 12 m dia = 36mm</b>		80	parfait	7	0°	>>100k
		75	jardin	0,2	20°	
<b>Dipôle V 2 x 1 m H<sub>(alim)</sub> = 11 m dia 6cm croisillons 2 x 4 x 0,25m dia 6mm bobines 2 x 4,9μH</b>	300	44	jardin	-11,6	20°	30k
		44	mer	-5,6	10°	
	600	22	jardin	-8,9	20°	13k
				-10,3	10°	
<b>Dipôle λ/2 Horizontal H = 10 m dia = 36mm</b>		77	parfait	7,7	90°	>>100k (ROS 1,1 pour 100k)
				6,5	45°	
				-4	10°	
		77	jardin	6	90°	
				5,5	45°	
				-4	10°	
<b>Dipôle H 2 x 1 m H = 11 m dia 6cm croisillons 2 x 4 x 0,25m dia 6mm bobines 2 x 4,9μH</b>	300	44	jardin	-6,4	90°	30k
				-6,9	45°	
				-16,3	10°	
	600	22	jardin	-3,6	90°	13k
				-4,1	45°	
				-13,6	10°	

Tableau 1

N-B : "Za" est l'impédance de l'antenne à la résonance. "Bande ROS-3" est la largeur de bande en kHz à l'intérieur de laquelle le ROS reste inférieur à 3 (considéré comme un maximum dans un coaxial de qualité). Attention, ce n'est pas la largeur de bande à -3 dB. Nous avons d'abord en référence un monopôle quart d'onde sur sol parfait. Nous retrouvons des valeurs connues. Avec un contrepoids constitué par de l'eau de mer, cela se dégrade déjà

de 3 dB, mais l'angle de départ reste bas. Avec un contre poids type sol de jardin (liaison par piquet de terre) les performances sont déplorables. Donc solution écartée. Avec un radian quart d'onde comme contre poids, nous aurions un comportement électrique proche de l'eau de mer, mais les diagrammes de rayonnement seraient différents en fonction de la situation de l'antenne par rapport au sol (en particulier, l'angle de départ remonte notablement si elle est disposée près du sol). Nous notons une bande passante à ROS-3 nettement supérieure aux 100 kHz de la bande 40 m.

Ensuite nous avons notre monopôle de 1 m. Avec un contre poids (sol) parfait, nous voyons que le rendement est quasiment proportionnel au Q de la bobine d'accord. Avec un Q de 600, le gain n'est que d'une dizaine de décibels sous le quart d'onde. Ce qui nous donne un rendement de l'ordre de 10%, excellent pour une antenne  $\lambda/40$ . L'adaptation à un coaxial 50 $\Omega$  se ferait simplement par transfo 4/1. Par contre, la bande passante à ROS-3 est de seulement 15 kHz. Donc, à supposer que l'on puisse obtenir un contre poids parfait, cette antenne ne pourrait guère servir qu'à un passionné de liaisons graphie DX.

Avec un contre poids type eau de mer (antenne installée sur un bateau), cela se dégrade pour le rendement, mais s'arrange pour la bande passante. Comme maintenant les pertes proviennent surtout du mauvais contre poids, le Q de la bobine n'a plus autant d'effet (moins de 1 dB pour un Q passant de 300 à 600). Avec un Q de 600, nous sommes directement adaptés à un coaxial de 50 $\Omega$  et le gain est de -17,3 dB, soit un rendement de 1,86%. C'est le rendement électrique que l'on peut espérer également avec un radian quart d'onde comme contre poids. Par ailleurs, la bande passante à ROS-3 s'est élargie à 60 kHz, ce qui est plus confortable.

Pour résumer :

- Avec un contre poids parfait, le rendement d'une antenne monopôle très courte est directement proportionnel au Q de la bobine d'accord.
- Avec un contre poids médiocre et une bobine de qualité, le rendement est inversement proportionnel à la résistance électrique du contre poids.
- Dans tous les cas, la bande passante est inversement proportionnelle au rendement. Donc, pour une antenne très courte de longueur donnée, deux fois plus de bande = deux fois moins de rendement.

Nous avons ensuite les performances d'un doublet demi-onde vertical. Pour un sol parfait, le gain amené par la directivité verticale est 2 dB meilleur que le monopôle. Avec un sol type jardin, non seulement nous perdons presque 7 dB, mais l'angle de départ remonte à 20°. Il faudrait hisser bien plus haut notre dipôle pour ramener cet angle à 10° (grand DX). Par contre l'impédance est très peu tributaire de la qualité du sol. En fait, la perte de gain s'explique par la mauvaise qualité réflective d'un sol réel pour les ondes polarisées verticalement.

Avec notre dipôle de deux fois 1 m, à la même hauteur, avec un Q de 300 pour les bobines, et pour un sol type jardin, nous perdons 12 dB sur le dipôle demi-onde pour un même angle de départ. Ceci nous donne un rendement approximatif de 6,5%. Ce qui n'est pas mal. De plus, nous sommes quasiment adaptés au coaxial. Nous pourrions être parfaitement adaptés au prix d'une petite perte de rendement en diminuant le Q des bobines. La bande passante n'est que de 30 kHz. Nous retrouvons notre rapport entre la bande passante et le rendement. Mais grâce au dipôle, nous avons plus que triplé notre rendement par rapport au monopôle et seulement divisé par deux la bande passante (mais l'antenne est deux fois plus longue. On n'a rien sans rien). L'avantage du dipôle réside dans le fait que le sol n'intervient pas dans le rendement électrique. La différence de gain entre l'eau de mer et le jardin ne provient que des propriétés réflectives du milieu.

Donc, avec notre dipôle, si nous doublons le Q des bobines, nous doublons le rendement, divisons par deux l'impédance d'antenne, et divisons par deux la bande passante. La relation entre le rendement et la bande passante est la même qu'avec le monopôle.

Nous allons comparer ensuite les dipôles en position horizontale. Des dipôles H à une hauteur de  $\lambda/4$  tirent au zénith. S'ils ont encore un gain acceptable à  $45^\circ$ , celui-ci devient faible à  $10^\circ$  (grand DX). Comme pour les dipôles V, le rendement électrique est indépendant de la nature du sol. Mais comme celui-ci a de meilleures propriétés réfléchives pour les ondes polarisées horizontalement, la polar H peut avoir ses avantages. Si l'on veut privilégier le grand DX, on prendra un doublet vertical bien dégagé. Si l'on veut privilégier le DX régional (Europe) et Hexagonal, on prendra un doublet horizontal à une hauteur minimum de  $\lambda/4$ . Avec une hauteur supérieure à  $\lambda/2$ , le doublet H est plus avantageux pour tous les types de liaisons. En ce qui concerne le comportement électrique de notre dipôle H raccourci, il est identique à celui du dipôle V de même facture.

### *Mise en œuvre pratique d'une antenne très raccourcie.*

En principe, le radioamateur veut pouvoir trafiquer sur la totalité de la bande allouée. Si l'antenne a une bande passante réduite, cela oblige à avoir un système d'accord variable. Et alors les vraies difficultés apparaissent.

Ainsi, avec notre antenne optimisée en rendement, il est quasiment impossible d'envisager une bobine variable. On pourrait imaginer un système de réglage de la longueur des brins du chapeau capacitif, difficile à mettre en œuvre. Une solution plus facile consisterait à surmonter le chapeau capacitif avec un tout petit fouet réglable en longueur. Impensable de faire le réglage à la main. Il faudrait de petits moteurs électriques télécommandés. La réalisation de telles antennes serait très délicate.

Donc, il faut se résigner à perdre quelques décibels, et réaliser l'accord avec la bobine côté alimentation. De toute façon, c'est ça, où augmenter la bande en diminuant le rendement. **Il n'y a pas d'autre solution.**

L'obtention à la fois de l'accord et d'une impédance égale à celle du coaxial nécessitera l'utilisation minimum de deux composants variables. Par exemple, une self déroulable et un CV, tous deux télécommandés. Si l'on a un dipôle, il faut doubler le système et le télécommander en symétrique. Ce n'est pas simple, et c'est pourquoi, on se contente d'un monopôle. Et alors se repose le problème du contreponds. Comme dans beaucoup de cas en électronique, si les principes sont simples, les mises en œuvre sont souvent compliquées. Si l'on dispose d'une surface métallique (toit) suffisamment grande, elle peut faire un contreponds acceptable. Pas de problème si le monopôle est sur un bateau naviguant en mer, et en général si nous pouvons disposer d'une structure métallique de grande envergure (grue par exemple). Dans tous les autres cas, la meilleure solution passe par un contreponds formé d'un radian quart d'onde. Celui-ci peut être raccourci avec une bobine en série comme pour un fouet, mais sa résistance augmentera. Il sera difficile d'empêcher ce radian de rayonner. Mais amener un peu de polar H permettra de faire des liaisons proches par réflexions ionosphériques quasi verticales.

Maintenant, on pourra objecter que si on a la place de mettre un radian, pourquoi ne pas utiliser une antenne plus grande et de meilleur rendement ? C'est une très bonne remarque. On y répondra en disant que le radian n'étant pas destiné à rayonner, il pourra être disposé dans un endroit non dégagé, comme au ras d'un toit, dans un sous-sol, ou très proche du sol.

En général, si l'on cherche à raccourcir une antenne, c'est soit par discrétion, soit par manque de place. On vante souvent l'avantage pour les antennes très courtes de pouvoir fonctionner à

l'intérieur d'un appartement. Ce n'est pas un argument technique, mais mécanique. Une charge fictive fonctionne très bien en appartement, prend très peu de place, mais ne rayonne pas grand chose. Si l'on n'a pas de voisins, si les murs et les planchers ne sont pas (trop) ferrillés, et si l'on admet ne pas utiliser d'autres systèmes électroniques pendant l'émission (mieux vaut être célibataire), alors on peut disposer l'antenne dans son bureau et rester dans une totale discrétion. Il faut quand même que la maison s'y prête. Nous avons sur la figure 3 un exemple avec un pavillon classique composé d'un rez-de-chaussée, d'un sous-sol et d'un grenier.

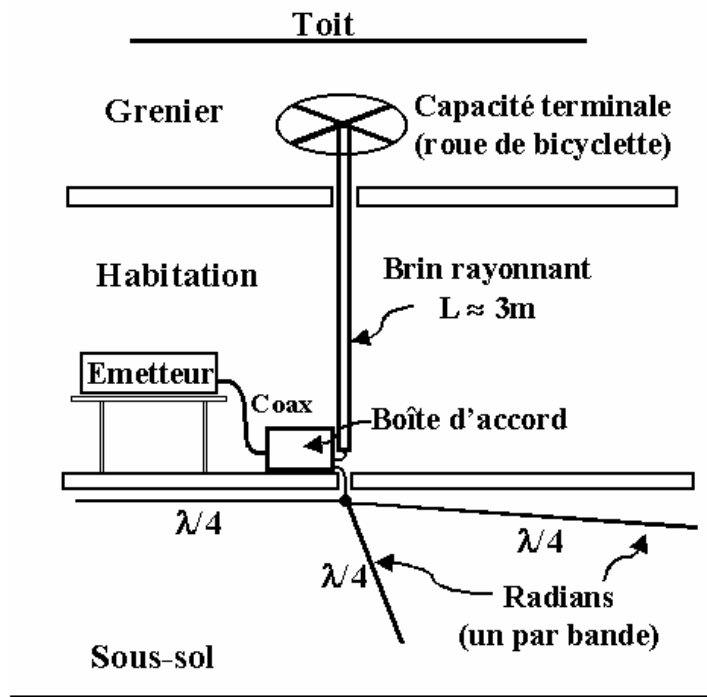


Figure 3

Dans le cas présent, nous pouvons profiter de la hauteur sous plafond pour augmenter la taille du brin rayonnant. Les radians ne devront pas être trop proches de parties métalliques. Il faudra sans doute utiliser la pince coupante pour les ajustages (méthode trop longue à décrire ici). Le brin rayonnant pourra être dissimulé dans une forme en polystyrène expansé comme une colonne antique (difficile d'apparier le mobilier) pour isoler aussi le brin rayonnant qui est à un potentiel élevé. On aura intérêt à garder une bonne distance entre l'émetteur et l'antenne / boîte d'accord pour éviter les retours de HF<sup>(4)</sup>.

### Une antenne peut en cacher une autre.

Nous allons maintenant prendre le cas où notre antenne dipôle raccourcie de 2 x 1 m est fixée sur la cheminée, ceci pour avoir un bon dégagement, tout en restant discrète et facile à installer (antenne mono bande 40 m). Nous avons opté pour une polarisation V, et la hauteur est de 12 m. Nous trafiquons dans notre sous-sol et le câble coaxial a une longueur de plus d'une dizaine de mètres.

Nous avons sur la figure 4 la manière de raccorder le câble au doublet.

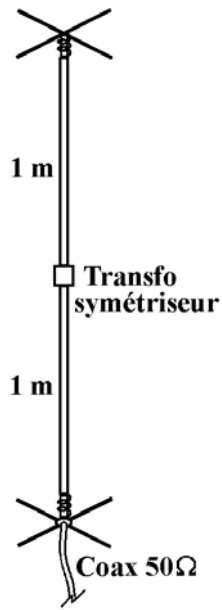


Figure 4

La fixation (isolante) de l'antenne n'est pas représentée. Le coaxial isolé passe à l'intérieur du brin inférieur. Le transfo symétriseur est indispensable pour éviter le rayonnement du coaxial. Ce type d'antenne est connu sous le nom de "fouet center-fed".

Maintenant, nous allons nous livrer à un exercice de transformations. Celles-ci sont montrées sur la figure 5.

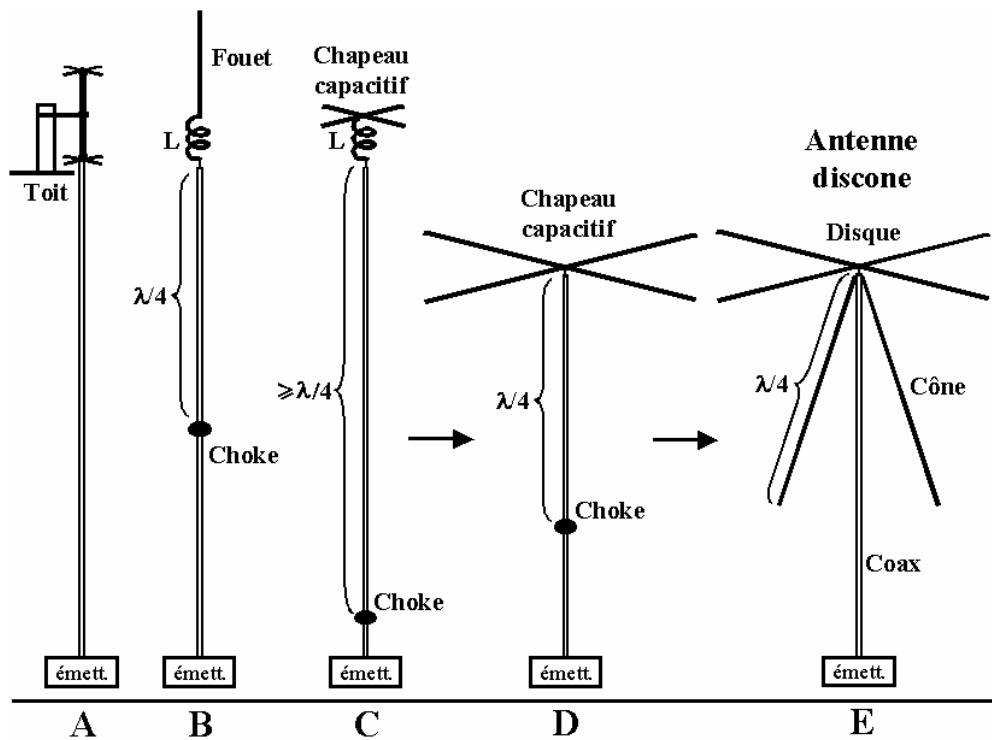


Figure 5

En A, nous avons notre doublet de 2 x 1 m monté sur une cheminée pour avoir un bon dégagement, ce qui occasionne une descente coaxiale verticale de plus de 10 m. Pourquoi se contenter du mauvais rendement de notre antenne, alors que nous disposons d'une hauteur de 10 m ?

En B, nous avons la réponse. Nous remplaçons notre dipôle par un monopôle, et nous nous servons du coaxial pour l'autre monopôle. Nous avons maintenant un nouveau dipôle, mais de plus grande taille, donc avec un meilleur rendement. Si le monopôle supérieur mesure  $\lambda/4$ , cette antenne est appelée "à jupe". Ici la jupe n'est pas visible, mais elle existe. En effet, un coaxial, d'un point de vue HF est constitué de trois conducteurs : l'âme, l'intérieur de la tresse, et l'extérieur de la tresse. Du fait de l'effet de peau des conducteurs en HF, la tresse extérieure "ignore" la tresse intérieure. Les courants qui circulent dans l'âme et la tresse intérieure sont égaux et de signes opposés. S'il circule un courant dans la tresse extérieure (courant de gaine), il est rayonné. Ici, nous mettons à profit cette propriété. Le "choke" est là pour "couper" électriquement l'extérieur de la tresse. Si cette coupure a lieu à  $\lambda/4$  de l'extrémité du coaxial, nous avons l'équivalent d'un brin d'antenne quart d'onde.

Pour l'autre brin du dipôle, nous pouvons le raccourcir avec une self d'allongement comme sur la figure. Mais le rendement va diminuer. Ainsi, si nous mettons notre monopôle très raccourci, nous aurons le même rendement que celui-ci avec un plan de sol type eau de mer. Augmentons la longueur rayonnante du coaxial. Au début, nous changeons très peu la fréquence de résonance, mais l'impédance, la bande passante et le gain augmentent. Pour une longueur de  $\lambda/3$ , le gain a augmenté de 2,6 dB et l'impédance est multipliée par 1,5. Le gain sera maximum quand la longueur électrique du coaxial fera  $\lambda/2$ , et l'impédance sera très élevée. Nous aurons tout simplement obtenu un monopôle demi-onde pour lequel on sait que le contrepois (ici notre antenne raccourcie) ne joue plus un rôle aussi important que pour le quart d'onde.

Bien que la longueur du coaxial a intérêt à se rapprocher de la demi-onde, pour un coaxial plus court, nous conserverons un choke à une certaine distance de l'émetteur, pour empêcher que le rayonnement maximum puisse se situer près de celui-ci, ce qui n'est pas recommandé. En conclusion, si nous branchons directement un long coaxial à une antenne très raccourcie, l'antenne "officielle" rayonne finalement moins que le coaxial lui-même. Ceci est naturellement vrai aussi pour une antenne E-H qui se présente comme un dipôle ou une combinaison de deux monopôles, selon son installation. Le moyen de s'en rendre compte est de mettre le choke au ras de l'antenne. Nous serons alors obligés de refaire l'accord pour retrouver un ROS de 1, et les reports diminueront notablement chez le correspondant<sup>(5)</sup>.

En C, nous poussons jusqu'au bout notre raisonnement en mettant en deuxième pôle un système qui ne rayonne pas par principe. Comme dit ci-dessus, le meilleur rendement sera obtenu pour une longueur électrique du coaxial (tresse externe) de  $\lambda/2$ .

En D, le système est réduit à quelques radians horizontaux proches de  $\lambda/4$  qui constituent un bon contrepois, sans pertes. Nous avons une antenne quart d'onde verticale genre Ground Plane, mais renversée. L'alimentation se faisant par le sommet, l'antenne est plus dégagée qu'une GP conventionnelle à la même hauteur. L'impédance est proche de  $50\Omega$  sans adaptation.

En E, nous avons séparé physiquement la tresse en deux parties. Ceci est possible avec un câble coaxial double tresse comme le RG214. Nous avons coupé la tresse extérieure à une longueur de  $\lambda/4$ , une fois détressée et divisée en trois ou quatre groupes constituant des câbles multi brins. Nous les avons écartés progressivement du coaxial selon un cône de révolution. Nous avons obtenu une **véritable** antenne discône. Cette antenne a la particularité d'avoir une bande passante qui s'étend notablement vers les fréquences supérieures à sa résonance. Elle est très utilisée en VHF professionnelle.



Donc, attention, une antenne peut en cacher une autre, et ce n'est pas celle qui est visible de prime abord (ou que l'on nous vend) qui rayonne forcément le plus.

### **Antennes fermées.**

Une bonne manière de se débarrasser du problème du contrepois est d'utiliser une antenne fermée, c'est à dire une boucle, qui est un dipôle. L'inconvénient réside dans le fait qu'elle occupe une surface plus difficile à loger qu'un fouet.

L'accord d'une boucle raccourcie utilise en principe un condensateur, et donc devrait avoir peu de pertes. Mais la résistance de rayonnement étant plus faible qu'un fouet, l'antenne elle-même a moins de rendement. Par ailleurs, nous retombons sur le même problème qu'avec les antennes ouvertes. Si nous avons peu de pertes, la bande passante est très étroite. Nous pouvons utiliser un condensateur variable, mais alors il reste un autre problème. En effet, plus le rendement augmente et plus le coefficient de surtension du système augmente (cause de la réduction de bande) et les tensions mises en œuvre augmentent aussi. Pour une puissance injectée de 100 W, les tensions aux bornes du condensateur peuvent atteindre des dizaines de milliers de volts pour des boucles très courtes et de bon rendement.

Il y a des procédés pour améliorer les choses, comme faire des boucles à plusieurs tours ou utiliser de la ferrite à l'intérieur de la boucle. Plusieurs tours diminuent la valeur de la capacité d'accord qui devient plus facile à fabriquer avec un bon isolement, mais les pertes augmentent. Le procédé atteint vite ses limites. La ferrite se sature avec la puissance et il en faut des kilos pour espérer obtenir une véritable amélioration. La ferrite a l'avantage aussi d'augmenter la hauteur effective en réception. Mais ceci est une autre histoire.

Donc, en principe on obtient de meilleurs rendements avec une boucle raccourcie, mais elle n'accepte que de petites puissances.

Je ne m'étendrai pas sur le fonctionnement des boucles, car elles n'occasionnent pas autant de réalisations commerciales "miracle" que les antennes ouvertes.

Finalement, s'il me fallait absolument loger une antenne dans mon appartement, mon choix entre une boucle "tenture murale" et un dipôle "colonne antique" ne se ferait que sur des considérations mobilières.

F5NB.

## **Annexe 1.**

### ***Cas où l'on ne veut pas que le câble coaxial rayonne.***

Nous pouvons avoir plusieurs bonnes raisons :

- Parce que le câble passe dans des parties communes avec les voisins
- Parce que le câble longe d'autres câbles radio ou TV
- Parce que l'on ne veut pas rayonner dans son logement (ni celui des voisins)
- Pour ne pas désaccorder l'antenne "officielle"
- Pour garder un bon dégagement à la partie rayonnante
- Pour éviter les retours de HF

Avant de donner la solution, nous allons schématiser la cause du rayonnement du coaxial en examinant la figure 6.

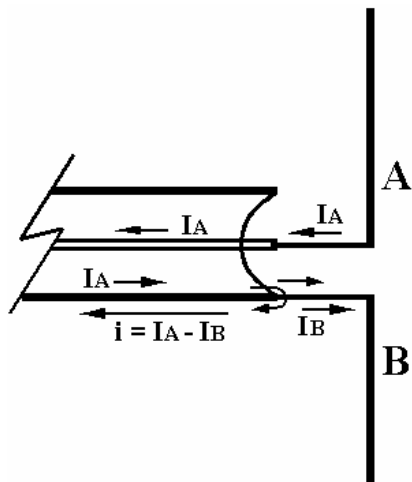


Figure 6

Le courant de gaine  $i$  sera plus ou moins important selon la géométrie du doublet, sa longueur, sa symétrie, la longueur du câble coaxial et sa position relative par rapport au doublet. Avec un doublet raccourci et fortement dissymétrique comme une antenne E-H "perche"<sup>(6)</sup>, nous aurons un rayonnement du coaxial déjà significatif pour une longueur de  $\lambda/8$ .

La solution consiste à insérer entre le câble coaxial et l'antenne un transfo d'isolement appelé couramment "balun" ou improprement "symétriseur"<sup>(7)</sup>. Le procédé est montré sur la figure 7 avec deux types de transformateurs.

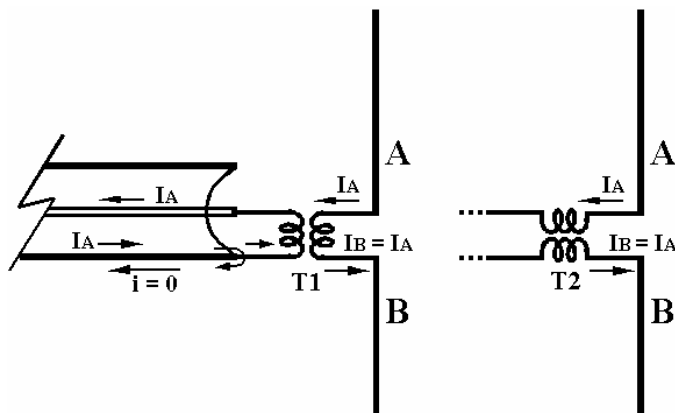


Figure 7

La séparation des circuits, comme l'égalité des courants dans les deux pôles sont évidents avec le transfo T1. Nous obtenons le même résultat avec T2, et celui-ci est préférable, à condition d'utiliser le câble coaxial pour constituer les enroulements. Il suffit d'enrouler le coaxial sur lui-même, soit quelques spires "en l'air" pour les fréquences élevées, soit sur un tore de ferrite pour les fréquences plus basses. Avec ce système, si le transfo est mauvais (selfs et/ou couplage trop faibles), il n'a aucun effet sur le ROS et sur les pertes. Simplement, il n'isole pas. A chaque fois que l'on craint un brouillage par le coaxial, il est judicieux d'insérer un tel transfo, quelle que soit l'antenne.

Noter que si le dipôle électrique de l'antenne est fortement dissymétrique, comme un monopôle avec un contrepois minuscule, une fois le transfo inséré, il sera impossible d'obtenir l'accord, sauf si le système d'accord présente de fortes pertes. Dans ce cas là,

insérer le transfo à une distance d'au moins  $\lambda/4$  de l'antenne. Alors, la partie du câble entre le transfo et l'antenne "officielle" rayonnera plus ou moins, mais la partie entre le transfo et l'émetteur ne rayonnera pas.

### **Notes.**

- (1) *L'autre exigence réside dans l'obligation d'avoir une impédance "réelle" égale à l'impédance nominale de charge de l'émetteur. C'est pourquoi le système d'adaptation joue deux rôles, compenser la partie réactive, et transformer la partie active.*
- (2) *Sauf pour les fréquences très basses (ondes moyennes et au dessous), où il est plus facile d'étendre de grandes nappes que d'ériger un pylône gigantesque. Mais pour que ces nappes soient efficaces (et le monopôle aussi), il faut un excellent plan de sol (beaucoup de fils de cuivre enterrés).*
- (3) *Pour une antenne très courte, le courant dans le brin rayonnant dépend presque uniquement des composants associés. En conséquence, une division par deux de la longueur d'un pôle, divise par quatre le rendement et par deux la bande passante.*
- (4) *L'opérateur se trouverait aussi dans l'environnement immédiat du brin rayonnant. Le devoir de précaution impose de baisser sa puissance. Ceux qui souhaitent faire une évaluation trouveront de l'information à l'adresse suivante : <http://cem.ref-union.org/sante-outil-evaluation.php>*
- (5) *Mesures et constatations réalisées maintes fois par des OM expérimentateurs sérieux (conditions de mesures reproductibles).*
- (6) *Pour espérer bénéficier d'un hypothétique effet E-H, une antenne E-H devrait être constituée de deux monopôles couplés et alimentés d'une façon particulière. Mais lorsque nous installons une antenne E-H type perche, si nous n'y connectons pas un contre poids véritable, alors nous n'avons qu'un dipôle dissymétrique qui ne fonctionnera pas mieux que n'importe quel dipôle dissymétrique très raccourci.  
N-B : Si je cite l'antenne E-H, c'est parce que ce nom est générique. Il y a beaucoup d'autres antennes "miracle" au fonctionnement aussi ésotérique, mais leurs noms sont des marques déposées, c'est pourquoi je ne les cite pas.*
- (7) *Il égalise les courants dans les deux brins, mais il ne symétrise pas le rayonnement. La symétrie dépend de la géométrie et des dimensions relatives des brins. Il faut bien séparer la fonction "électrique" de l'antenne de sa fonction "rayonnement". La relation entre les deux (fonction de transfert) est très complexe et pas totalement connue. Les fonctions sont multiples et approchées, et c'est tout l'art de l'antenniste d'utiliser les formules qui sont adaptées à la situation. C'est pourquoi aussi, l'usage d'un simulateur d'antennes, même très performant, est réservé aux spécialistes. Sinon, on peut lui faire dire un peu tout ce que l'on veut.*