

Le tour du cadre

Tout ou presque sur les cadres

1^{re} partie

par Daniel Maignan

Nous savons qu'il est possible d'utiliser un cadre comme collecteur d'ondes à la place d'une antenne. Dans ce cas, l'entrée du récepteur est connectée à un circuit électriquement fermé et le signal capté est uniquement le résultat du courant induit par la composante magnétique du champ haute fréquence.

Ce dossier quasi exhaustif en plusieurs parties fait appel à quelques développements mathématiques de base destinés à asseoir l'exposé. Il a cependant pour but de décrire des réalisations pratiques à la portée de tous.

We know that receiving radio

waves with a loop in place of a wire antenna is possible. In that case, the receiver input is connected to an electrically closed circuit and the received signal is only the result of the induced current by the magnetic component of the high frequency field.

This almost exhaustive file will be published in several parts which appeals to some mathematical basic developments intended to sit the presentation, however aims at describing practical realizations within the reach of all.

Introduction

Le cadre, constitué de spires de fil, reçoit un signal maximum lorsque son plan est orienté dans la direction de l'émetteur.

Cette propriété, qui est appelée la directivité, présente l'avantage de pouvoir réduire les interférences susceptibles de perturber la réception, dans la mesure où leur origine provient d'une direction sensiblement différente de celle de la station écoutée. La figure 1 représente le diagramme de la directivité du cadre en fonction de son orientation par rapport à la direction où se trouve l'émetteur.

Autre avantage non négligeable : la sensibilité d'un cadre aux signaux parasites est inférieure à celle d'une antenne classique.

Propriétés des cadres

Le cadre, en raison de sa structure électrique fermée, ne reçoit théoriquement que le signal induit par la composante magnétique du

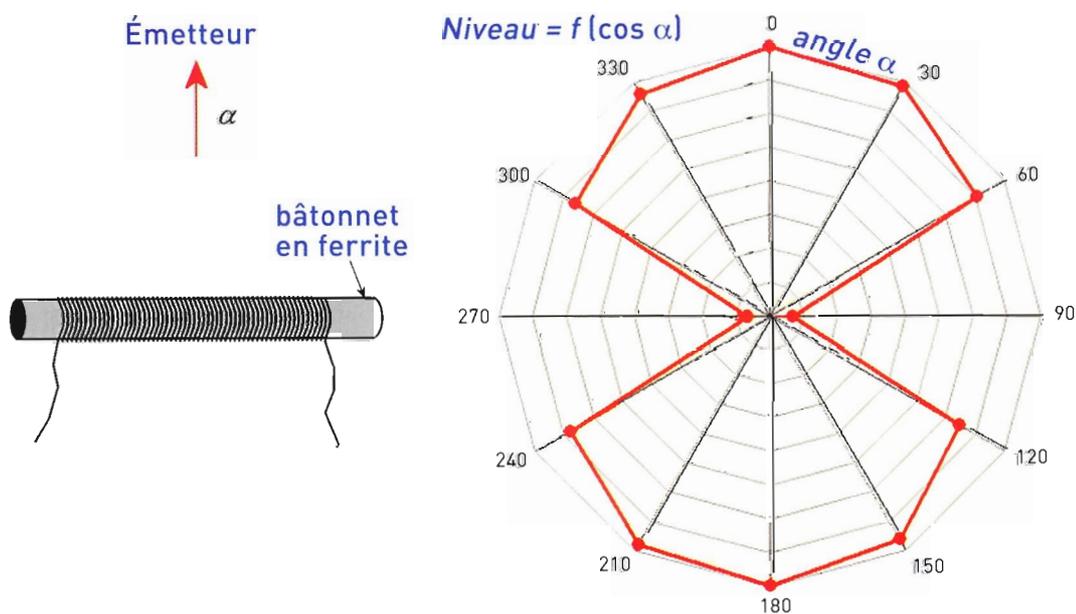


Figure 1. — Mesure de la directivité sur un cadre.

champ électromagnétique présent sur le lieu de la réception.

Or les deux composantes du champ n'ont pas la même importance lorsque la réception a lieu à un point distant de l'émetteur de moins d'une longueur d'onde.

Ainsi, pour une fréquence de 150 kHz ($\lambda = 2000$ mètres) et un parasite émis par une source perturbatrice située à 20 mètres, le champ magnétique sera inférieur de 25 dB au champ électrique (et de 30 dB pour une distance de 10 mètres), alors qu'à grande distance le rapport des deux composantes se rapproche de l'unité.

De ce fait, le cadre présente l'avantage d'offrir une immunité relative aux parasites d'origine industrielle ou atmosphérique, lorsque leur source se situe dans un

environnement relativement proche.

C'est la raison pour laquelle il est souvent qualifié d'**antiparasite**.

Caractéristiques des bobinages des cadres, changement de gamme

Pour changer de gamme d'ondes, passer de la réception des grandes ondes aux petites ondes par exemple, il n'est pas possible de laisser une partie de l'enroulement en l'air sans connexion.

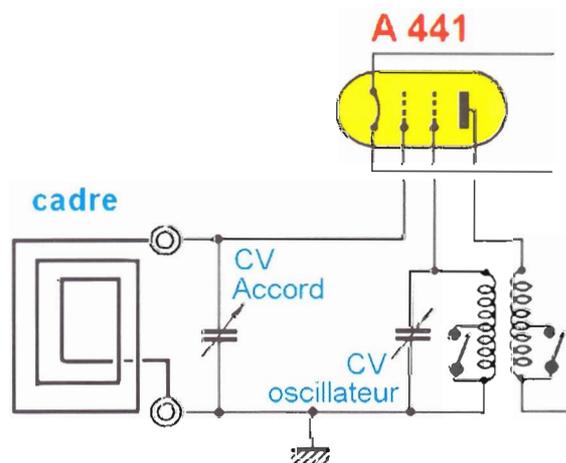
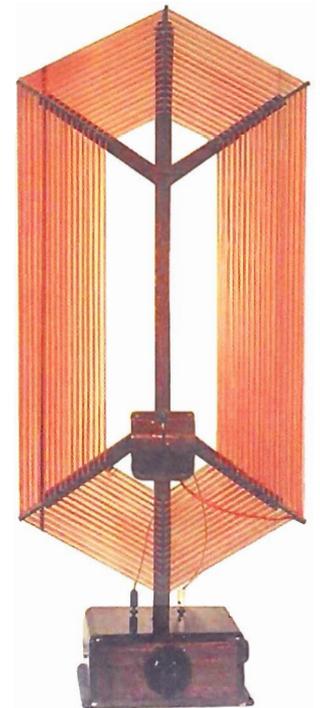
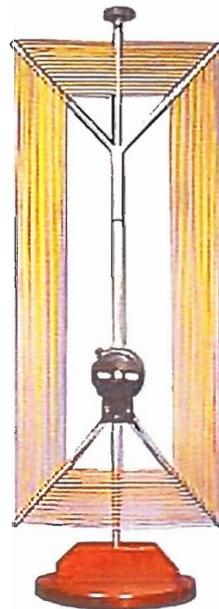
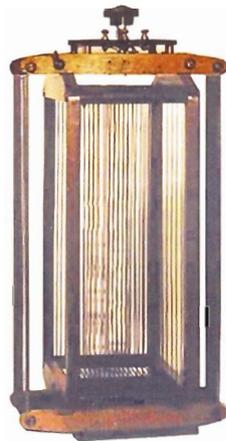
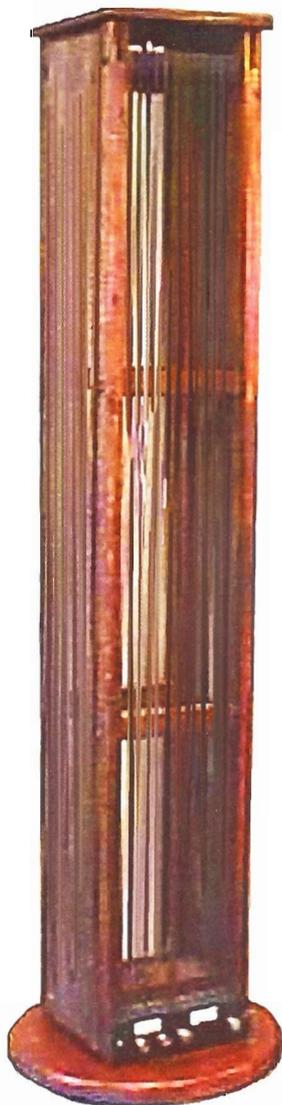
Ce « bout mort » provoquerait une dégradation de la directivité et de l'effet antiparasite qui en découle. À l'opposé, le fait de court-circuiter une partie des spires provoquerait un amortissement excessif de l'ensemble.

Par conséquent, tous les enroulements doivent impérativement rester actifs, quelle que soit la gamme, ce qui est obtenu comme nous le verrons plus loin par un jeu de commutations et de couplages astucieux.

Les différents modèles de cadres pour la réception

Les cadres à air haute impédance

D'une surface parfois assez imposante, ils furent surtout utilisés au début de la radio, avant 1930 (figures 2 à 7). Associés au condensateur d'accord interne du poste pour résonner sur la fréquence de réception de façon à apporter une



Figures 2 à 5. — Différents modèles de cadres à air des années 25.

Figure 6. — Connexion du cadre à l'entrée du récepteur.

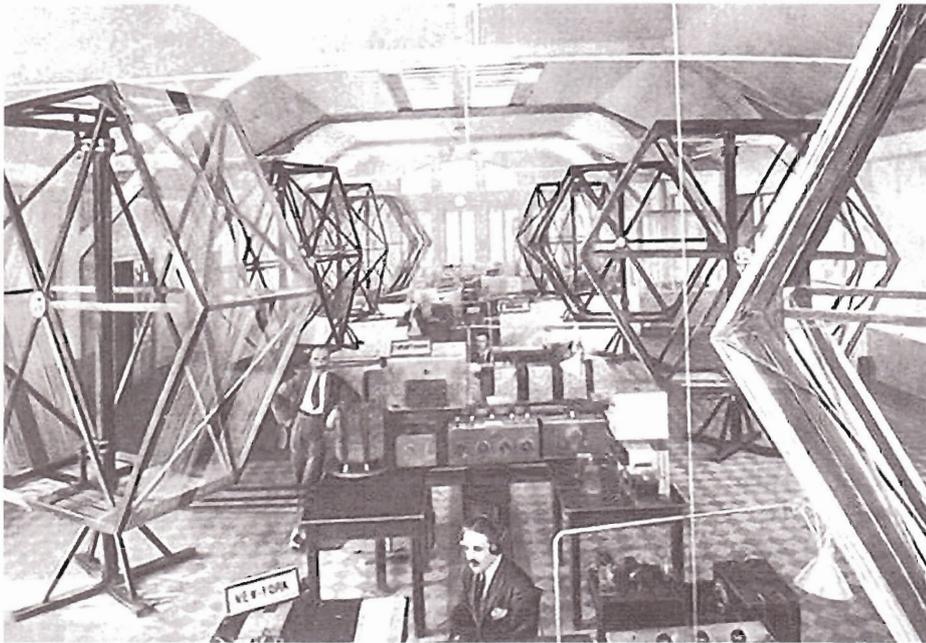


Figure 7. — Vue intérieure de la salle de la station de Villecresnes pour la « réception sélective et antiparasite ». Document SFR de 1925.

sélectivité supplémentaire, ils étaient branché entre la grille de commande et la masse de la lampe du premier étage amplificateur.

Les bobinages étaient réalisés selon deux techniques différentes. Dans le procédé représenté schématiquement sur la figure 8, toutes les spires étaient bobinées côte à côte, alors que dans celui de la figure 9, les spires formaient une spirale dans un plan unique.

La seconde technique, si elle s'avérait plus aisée à mettre en œuvre, présentait plus de capacités parasites ainsi qu'une inductance de valeur inférieure, à surface égale.

En raison de ses dimensions encombrantes, le cadre à air est ensuite tombé plus ou moins en désuétude.

Les cadres à air format photo

Quasiment abandonnée pendant une quinzaine d'années, la réception sur cadre suscita un deuxième engouement du public à la fin de la deuxième guerre mondiale.

Ces nouveaux cadres au format d'un cadre photo et moins encombrants que leurs prédécesseurs trônaient sur l'ébénisterie du récepteur de T.S.F.

Le condensateur variable pour l'accord et le commutateur pour le changement de gammes sont inclus dans le dispositif qui doit se brancher, grâce à un petit cordon blindé, aux prises antenne et terre à l'arrière du poste (figures 10 a et b, 11, 12, 13 et 14).

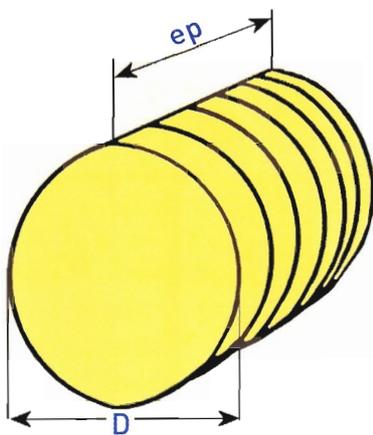


Figure 8. — Bobinage à spires côte à côte, diamètre constant.

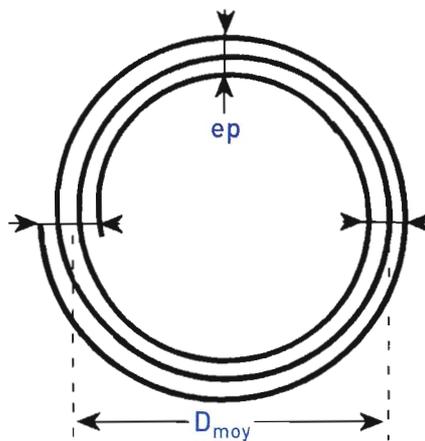
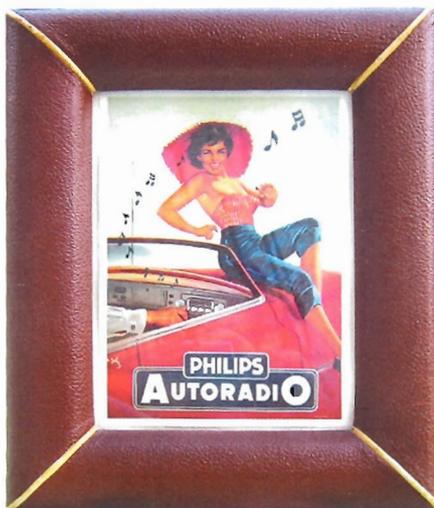


Figure 9. — Bobinage en spirale plate.



Figures 10 a et b. — Recto-verso d'un cadre photo.

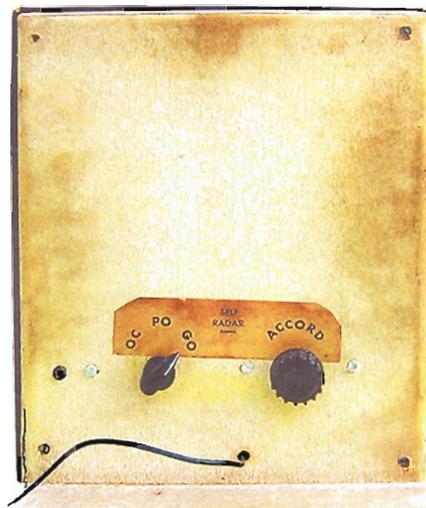
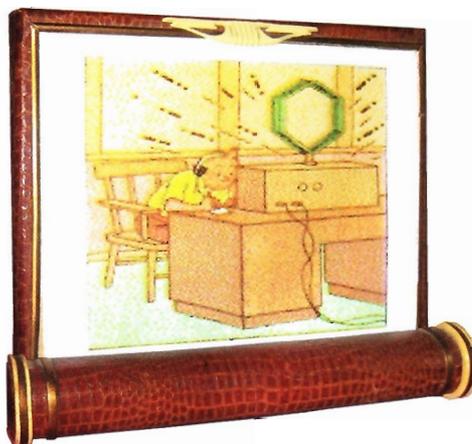
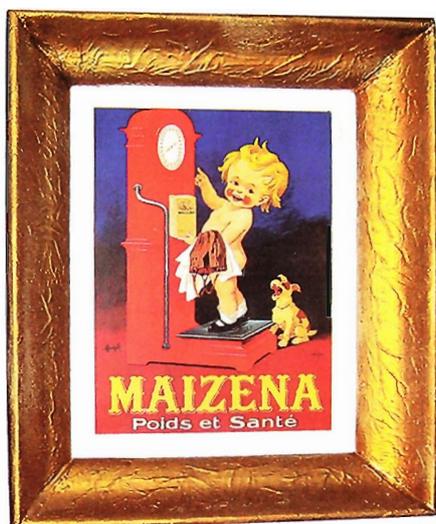


Figure 11. — Un cadre photo.



Figures 12, 13, 14. — Plusieurs variantes de cadres photos.

Les cadres à air cylindriques

Ils sont montés à l'intérieur des postes de la fin des années cinquante. En plus de leur rôle de collecteur d'ondes, ils font partie intégrante du système d'accord. Les bobinages sont logés dans un cylindre en carton sur lequel est bobiné un enroulement lâche qui assure un écran de blindage efficace, dans le but d'améliorer l'immunité aux parasites. L'orientation de l'ensemble est actionnée depuis la face avant à l'aide d'un axe flexible (figure 15).



Figure 15. — Cadre à air cylindrique.

Les cadres à air basse impédance

Ils ont un effet directif très marqué. Ils sont constitués d'une ou deux boucles métalliques rigides suivies d'un transformateur HF d'adaptation accordé qui attaque un amplificateur à gain important. Les alimentations haute tension et chauffage sont internes ou bien prélevées sur le poste à l'aide d'un bouchon (figures 16, 17a et 17b).

Les cadres ferrite

Aujourd'hui, grâce à l'emploi des matériaux ferrites, on a pu réduire considérablement les dimensions de ces cadres compacts et les loger dans l'ébénisterie ou le boîtier du poste. Les bobinages, qui servent également à l'accord des circuits d'entrée, sont réalisés sur des supports en matériau isolant (carton bakéliné) qui peuvent coulisser sur le bâtonnet en ferrite, afin de permettre le réglage d'accord en usine. En raison de leur haute perméabilité (> 100 pour le matériau ferroxcube etc.), les lignes de force du champ magnétique sont déviées et canalisées par le ferrite, traversent les bobines en très grand nombre et induisent des tensions beaucoup plus élevées (figure 18). On obtient les mêmes performances que celles d'un cadre à air dont la surface serait plusieurs dizaines de fois supérieure (figure 19).

Ce modèle est parfois entouré de spires espacées qui assurent un blindage de protection (figure 20).

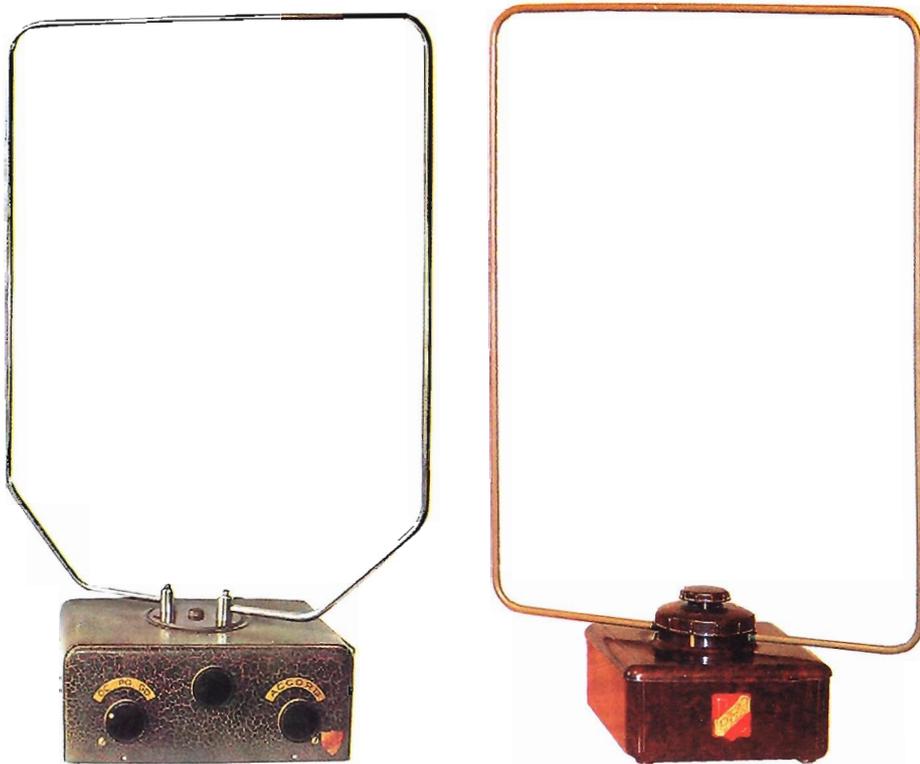


Figure 16. — Cadre à air basse impédance amplifié.

Les cadres blindés

On utilise souvent des cadres placés à l'intérieur d'un blindage métallique comportant une coupure. Le blindage supprime l'action électrostatique sur les enroulements et la liaison du cadre au récepteur, tout en permettant l'induction magnétique grâce à l'ouverture. La présence de ce blindage réduit toutefois sensiblement l'intensité du signal reçu (figure 21).

Les cadres blindés sont utilisés en radiogoniométrie et pour la radionavigation, domaines d'application pour lesquels la précision des



Figures 17 a et b. — Cadres à air basse impédance.

relevés est primordiale. La radiogoniométrie consiste à rechercher la direction dans laquelle le signal passe par un nul (ou minimum) qui est plus pointue que la position où le signal est maximum (le plan du cadre fait un angle de 90° avec la direction de l'émetteur).

Une mauvaise symétrie des enroulements par rapport à la terre augmente « l'effet antenne » et dans ces conditions, la directivité se dégrade et l'immunité aux parasites décroît.

Pour pallier ces défauts, le bobinage du cadre est enfermé dans une spire de blindage qui est ouverte sur quelques centimètres selon l'axe qui passe vers la connexion de sortie.

Le blindage est constitué de deux demi-cercles parfaitement symétriques. En présence d'un signal, la tension induite est maximale entre les deux extrémités ouvertes et, en raison de la coupure, le courant dans le blindage est pratiquement nul.

Avec une telle structure mécanique, la symétrie est parfaite sur tout le périmètre du bobinage interne et avec la spire ouverte, le couplage est effectif. Si une f.é.m. induite E existe au niveau de la coupure, la f.é.m. induite dans le cadre sera $E' = nE$, avec $nE =$ nombre de spires du cadre.

Ces cadres sont cependant moins sensibles que les cadres ordinaires et le signal de sortie doit être fortement amplifié.

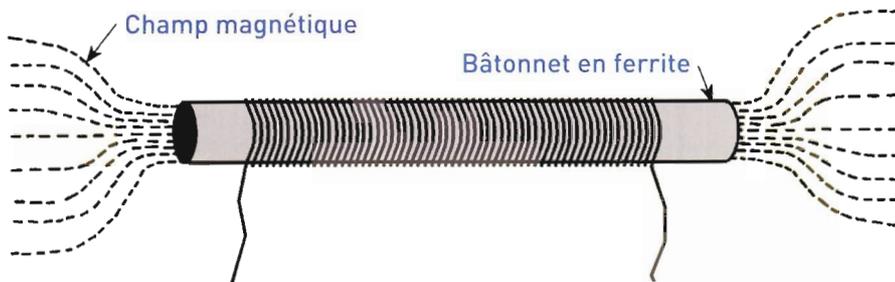
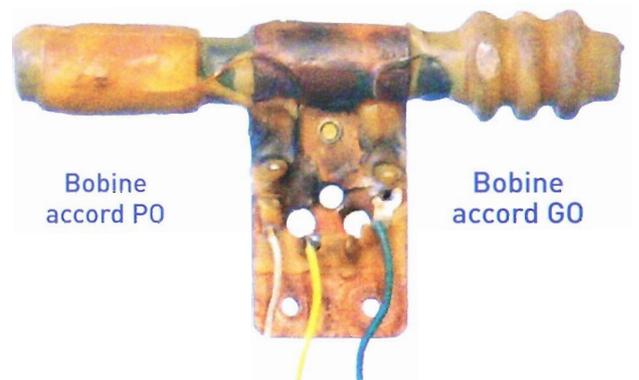
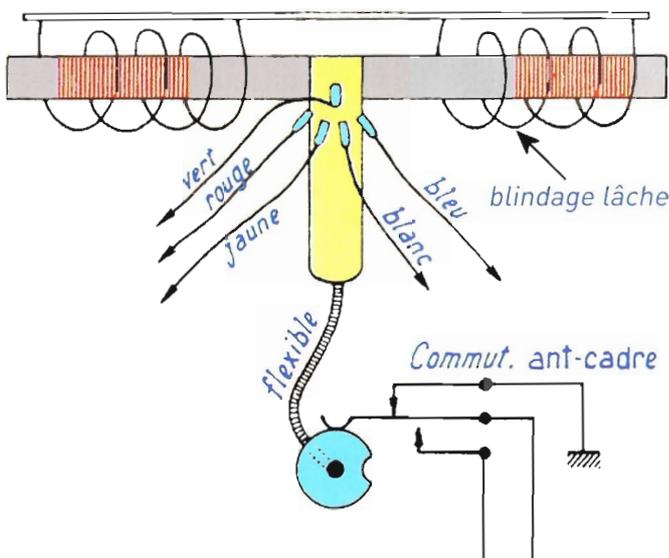


Figure 18. — Bâtonnet de ferrite.



Figures 19 et 20. — Cadre ferrite P0-G0.

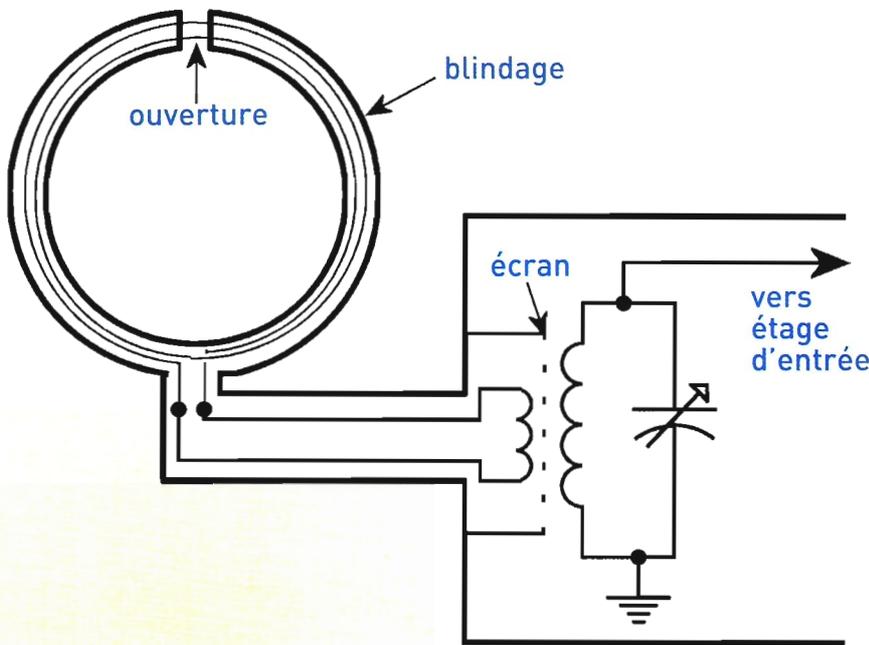


Figure 21. — Cadre blindé.

Définition des paramètres électriques d'un cadre à air

La sensibilité d'un cadre est directement proportionnelle à sa surface et à son nombre de spires, ainsi qu'à la fréquence du signal (donc inversement proportionnelle à la longueur d'onde).

Ainsi la sensibilité d'un cadre ondes moyennes décroît à mesure que l'on va vers le bas de la gamme d'onde considérée.

Dans une première approche, on pourrait en déduire qu'il suffit d'accroître le nombre de spires afin d'avoir une bonne sensibilité, même en bas de gamme. Mais hélas ! cela augmenterait les capacités parasites, donc la capacité d'accord résiduelle et du même coup réduirait la fréquence maximale d'utilisation.

Il apparaît donc difficile de réaliser des cadres couvrant une large bande de fréquences.

a. Hauteur effective h

La hauteur effective d'un cadre est un paramètre qui permet de comparer ses performances de réception à celles d'une antenne classique.

C'est la hauteur d'une antenne idéale qui rayonnerait (ou recevrait) la même puissance que le cadre considéré.

Dans la direction optimale, celle-ci est donnée par :

$$h_e = \frac{2\pi nS}{\lambda} \quad (1)$$

avec :

n = nombre de spires du cadre,

S = surface moyenne des spires en mètres carrés,

λ = longueur d'onde en mètres.

Lorsque le plan du cadre fait un angle α avec la direction de l'émetteur, h_e est multipliée par le cosinus de l'angle :

$$h_e = \frac{2\pi nS}{\lambda} \cos \alpha \quad (2)$$

Les cadres ont en général une hauteur effective plus faible que celle des antennes ; par exemple on a $h_e = 0,37$ m max pour un cadre de très grandes dimensions qui comporte 6 spires de 3 mètres de diamètre sur 500 kHz. On conçoit donc facilement que pour atteindre les mêmes performances qu'une antenne, un cadre serait beaucoup trop encombrant.

Avec des dimensions raisonnables, il aura une efficacité inférieure à celle d'une antenne.

C'est l'augmentation de la sensibilité des récepteurs et de la puissance des émetteurs qui a favorisé l'essor des cadres.

Avec les cadres amplifiés, à tubes ou à transistors, on obtient les mêmes possibilités de réception qu'avec une antenne bien dégagée de 20 à 25 mètres de long sans amplificateur.

b. Détermination de l'inductance

■ 1^{er} cas : le bobinage comporte des spires égales bobinées côte à côte (se reporter à la figure 8)

L'inductance est donnée par la formule de Nagaoka :

$$L = K n^2 D 10^{-3} \quad (3)$$

avec le coefficient K :

$$K = \frac{100}{4 + 11 ep / D} \quad (4)$$

avec :

L = inductance en μH

n = nombre de spires

ep = épaisseur (ou largeur) de l'enroulement en cm.

D = diamètre des spires en cm.

■ 2^e cas : le bobinage est enroulé en spirale et tout l'enroulement est placé dans le même plan (se reporter à la figure 8).

Nous ne donnons pas ici la formule de calcul du bobinage en spirale qui est complexe, mais l'utilisation des formules (3) et (4) reste valable et donne un résultat satisfaisant à 5 OU 10 % près, en prenant le diamètre moyen de l'enroulement (D_{moy}).

Seule la surface du dispositif soumise au champ magnétique est à prendre en compte. Si la section n'est pas circulaire, il faut faire la transformation de figure en passant par le cercle de surface équivalente et calculer le diamètre. En résumé, les différents paramètres à considérer pour la construction d'un cadre sont les suivants :

— **gamme de fréquences de réception désirée,**

— **plage de variation de la capacité du condensateur variable, rapport $C_{\text{max}}/C_{\text{min}}$,**

— **surface du cadre,**

— **nombre de spires.**

À suivre...