

Comment ça marche ?

Les circuits réactifs (14)

Circuits oscillants parallèles couplés (2)

Par le radio-club F6KRRK

Dans le dernier "Comment ça marche", nous avons vu le couplage électromagnétique entre deux circuits oscillants parallèles. Nous allons continuer avec le couplage électrostatique et voir d'autres méthodes de couplage.

Couplage électrostatique

Si l'énergie réactive stockée dans une bobine est proportionnelle au champ électromagnétique créé par le courant la traversant, l'énergie réactive stockée dans un condensateur est proportionnelle au champ électrostatique créé par la tension à ses bornes. En imbriquant partiellement deux condensateurs plans, une partie de la charge créée dans le premier sera transférée dans le second selon le degré d'imbrication que l'on peut qualifier par un coefficient de couplage comme pour les bobines. On obtient le même effet si au lieu d'imbriquer les deux condensateurs, on les relie à l'aide d'un troisième dit "condensateur de couplage", comme montré sur la figure 1.

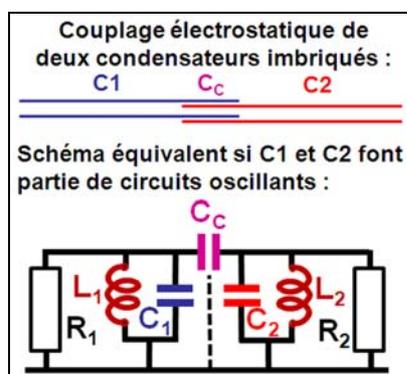


Figure 1.

Avec cette architecture les calculs ne sont simples qu'avec des circuits oscillants de valeurs et de Q identiques ($C_1=C_2$, $L_1=L_2$ et $Q_1=Q_2>10$). Alors le coefficient de couplage K est égal à C_c/C_2 et l'indice de couplage n sera égal à 1 (ici, couplage critique et de transition) quand $C_c = C_2/Q_2$ ⁽¹⁾. Noter que le condensateur de couplage entraîne une diminution de la fréquence de résonance de l'ensemble, ce qui ne facilite pas la mise au point du système ⁽²⁾.

Diverses méthodes de couplage

Nous avons vu deux façons de coupler les circuits oscillants mais ce ne sont pas les seules. En effet, il y a couplage dès que les deux circuits partagent une partie de leur flux magnétique et/ou électrique. Il y a un grand nombre de variantes. Les plus utilisées sont sur la figure 2.

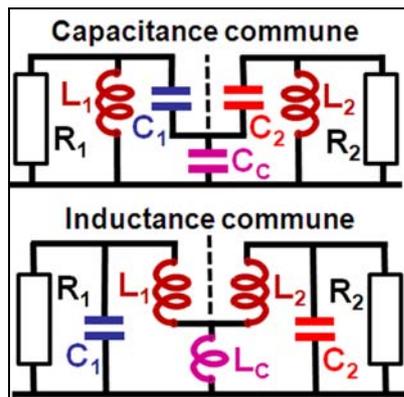


Figure 2.

Ici aussi, nous supposons que $C_1=C_2$, $L_1=L_2$ et $Q_1=Q_2>10$.

Avec une capacitance commune, le coefficient de couplage K est alors égal à : C_2/C_C et l'indice de couplage n est égal à 1 (couplage critique et de transition) quand $C_C = C_2 \times Q^2$.

Nous constatons que pour le même indice de couplage, la valeur du condensateur de couplage en pied est Q^2 fois celle du condensateur de couplage en tête.

Avec une inductance commune, le coefficient de couplage K est alors égal à : L_C/L_2 et l'indice de couplage n est égal à 1 (couplage critique et de transition) quand $L_C = L_2/Q^2$.

Nous constatons que L_C est tout simplement égale à l'inductance mutuelle M .

Couplages mixtes.

Parmi les différentes possibilités nous examinerons le cas de l'antenne YAGI 2él, dite "à couplage capacitif". Bien que nous ayons affaire ici à un circuit ouvert, nous admettons que son comportement électrique (lié aux champs proches) obéit aux mêmes lois que celles d'un circuit fermé (méthode habituelle de calcul).

Fonctionnement succinct de la YAGI 2él conventionnelle : Il s'agit d'un réseau de deux antennes dont l'une est alimentée par l'émetteur et l'autre par couplage électromagnétique avec la première. Les rayonnements lointains produits par les deux antennes s'ajoutent dans une direction privilégiée (champs en phase) et se retranchent dans la direction opposée (champs en opposition de phase). Nous pouvons avoir ainsi une directivité multipliée par 4 par rapport à un dipôle seul, soit un gain de 6 dBd (3 dB pour l'addition des champs ⁽³⁾ plus 3 dB car monodirectionnelle). En pratique on se rapproche de la configuration idéale procurant un gain proche de 6 dB avec des brins très rapprochés mais l'impédance d'alimentation est très faible (une dizaine d'ohms). En écartant les brins, l'impédance remonte, mais le gain diminue.

YAGI à couplage capacitif : Le fait d'introduire un couplage capacitif en repliant en regard les extrémités des brins permet de diminuer le couplage inductif en les éloignant l'un de l'autre. De cette manière l'impédance d'alimentation remonte tout en conservant le gain maxi. Mais les parties repliées ne rayonnent pas et les résistances de rayonnement diminuent ainsi que la directivité, ce qui fait que globalement, l'amélioration du gain est faible (pas significative au simulateur). Voir sur la figure 3 la manière d'obtenir un couplage capacitif et le modèle électrique du système.

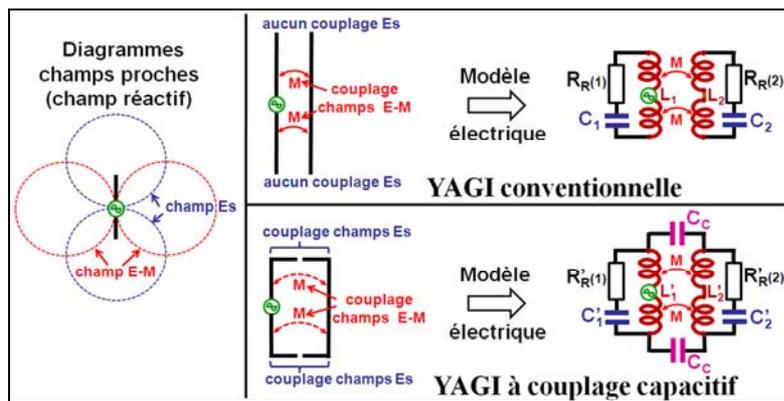


Figure 3.

Au final, les avantages de l'antenne à couplage capacitif sont surtout mécaniques (rigidité, encombrement) ⁽⁴⁾.

Dans le prochain "Comment ça marche", avant de poursuivre sur les filtres, nous ouvrirons une parenthèse avec les convertisseurs d'impédance et les multiplicateurs de Q.

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) Voir le précédent "Comment ça marche" pour les définitions des termes utilisés.
- 2) C'est aussi le cas pour le couplage magnétique. Ici, en supposant que l'on recherche le couplage transitionnel, procéder comme suit :
 - Calculer les valeurs théoriques et fabriquer le système avec possibilité d'ajuster les fréquences de résonance et le facteur de couplage. Ensuite pour le réglage :
 - Diminuer C_c pour être sûr d'être en dessous du couplage critique.
 - Régler L_1 et L_2 au maximum du niveau de sortie
 - Augmenter C_c tant que le niveau de sortie augmente, en retouchant de concert L_1 et L_2 pour obtenir le maximum.
- 3) Normalement l'addition de deux champs égaux en phase procure un gain de 6 dB, mais le courant du dipôle se divise par moitié dans chacun des brins, ce qui ne fait au final que 3dBd maximum.
- 4) Comme pour la HB9CV et toutes les antennes à "réflecteur piloté". Malgré ce que voudraient nous faire croire certains fabricants, il n'y a pas d'antenne "miracle". Noter que HB9CV vantait le mérite de l'antenne YAGI et ne prétendait pas que la sienne était supérieure aux autres.