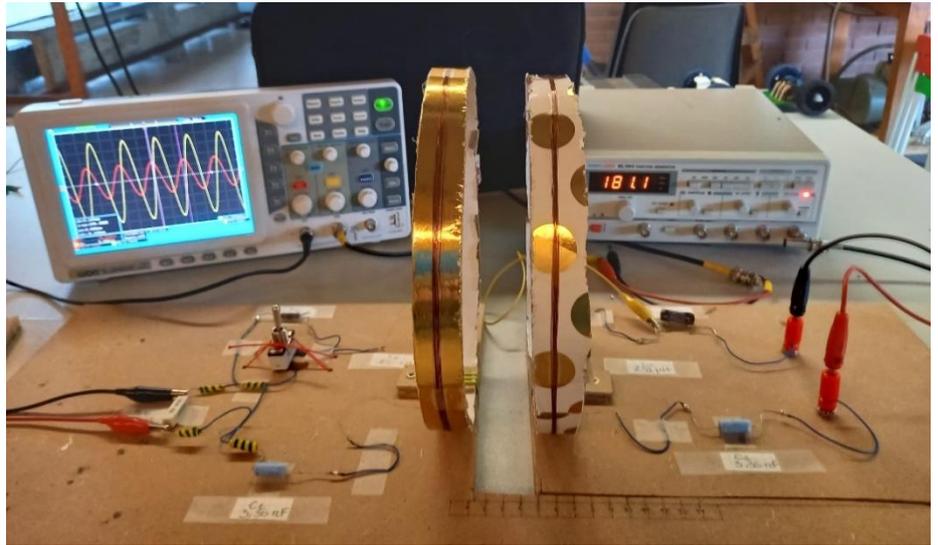


Le transfert d'énergie par couplage inductif résonant

But de la manipulation

L'objectif de cette expérience est la construction d'un circuit permettant de transférer de la puissance électrique via une connexion sans fil, et en particulier à mesurer l'efficacité de ce transfert (précisément, le rapport entre la puissance transférée et la puissance fournie initialement par le générateur), et à observer comment il varie lorsque l'on modifie certains paramètres.



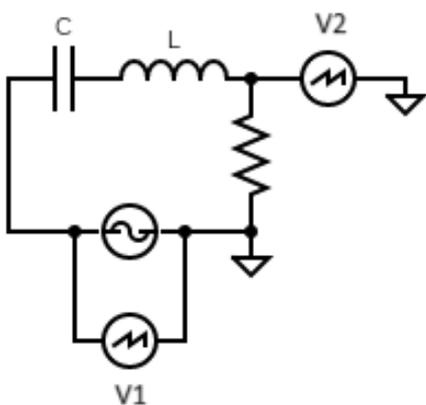
Matériel

- 1 générateur de signaux sinusoïdaux
- 1 oscilloscope
- 2 condensateurs, qui fonctionnent en courant alternatif, de même capacité
- 2 bobines de même inductance
- 1 résistance, de quelques dizaines d'ohms, qui servira à mesurer le courant.
- Une ou plusieurs autres résistances, de quelques dizaines à centaines d'ohms, qui consommeront la puissance transférée

Il est également possible de construire "à la main" les bobines, en enroulant plusieurs mètres de fil autour d'un support approprié. Cependant, la différence d'inductance entre les deux bobines risque d'être plus importante. Il est préférable que les bobines soient de grande taille, avec une grande inductance, sans que leur résistance interne ne soit trop grande, et que la capacité des condensateurs soit très petite.

Réalisation

En premier lieu, il faut déterminer la fréquence de résonance du circuit récepteur, à l'aide du montage suivant :

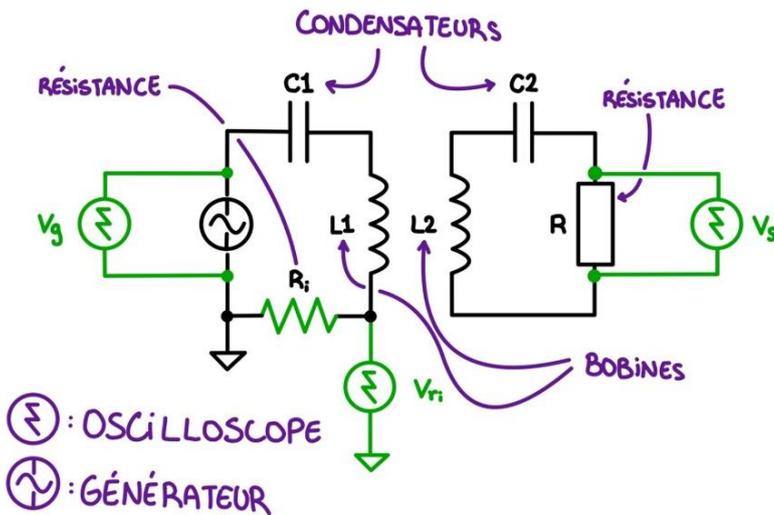


Où L est la bobine qui servira de récepteur, et C le condensateur qui lui sera associée. La résistance indiquée sur le schéma peut être quelconque. À priori, l'oscilloscope et le générateur ont une terre commune (indiquée par le triangle renversé), il ne faut donc pas les brancher en différents endroits du circuit, sous peine de le court-circuiter.

Pour trouver la fréquence de résonance (celle où la réactance de la bobine et du condensateur s'annulent), il suffit d'observer à l'oscilloscope le déphasage entre les signaux $V1$ et $V2$, et de varier la fréquence au générateur, jusqu'à trouver celle qui annule ce déphasage. Il n'est pas nécessaire de reproduire cette manipulation pour l'autre bobine (l'émettrice) car il n'est pas impératif que le circuit émetteur soit en résonance.

Le montage final devra opérer à la fréquence de résonance du récepteur, car cela minimisera son impédance, autorisant un transfert d'énergie maximal.

On peut ensuite effectuer le montage final :



Le circuit principal est indiqué en noir. Il s'agit du circuit de transfert d'énergie sans fil à proprement dit, séparé en circuit émetteur à gauche et circuit récepteur à droite. Les deux bobines doivent être placées face-à-face, écartées d'au plus quelques centimètres. R est la résistance choisie pour consommer la puissance transmise.

L'émetteur et le récepteur ne sont effectivement pas branchés ; le transfert d'énergie s'effectue via le champ magnétique induit par la première bobine, et le courant qu'il génère dans la seconde bobine.

Les éléments qui servent à prendre des mesures sont indiqués en vert. La mesure V_g n'est pas

nécessaire si le générateur indique déjà la tension qu'il fournit. Il faut cependant noter que c'est la tension efficace qui nous intéresse (pour un signal de tension sinusoïdale d'amplitude V , $V_{\text{efficace}} = V/\sqrt{2}$). R_i est la résistance choisie pour mesurer le courant.

Il ne reste plus qu'à effectuer les mesures : il faut comparer la puissance fournie par le générateur, avec le puissance effectivement consommée par la résistance. On peut évaluer la puissance (P) à partir de la tension efficace (V_{efficace}) aux bornes d'un élément du circuit et du courant efficace (I_{efficace}) qui le traverse, ou de la valeur de sa résistance (R):

$$P = V_{\text{efficace}} \cdot I_{\text{efficace}} = \frac{V_{\text{efficace}}^2}{R}$$

Dans le circuit récepteur, comme la résistance qui consomme la puissance est connue, il suffit de mesurer la tension efficace (V_s sur le schéma). En revanche, la résistance équivalente de l'émetteur n'est pas connue (et dépend de la puissance transféré au récepteur). Il faut donc mesurer le courant, sans perturber le circuit. C'est là qu'intervient R_i : En mesurant la tension efficace à ses bornes (V_{ri}), on peut calculer ce courant. En revanche, la tension aux bornes de l'émetteur ne correspond plus à la tension fournie par le générateur, puisqu'il y a une perte additionnelle aux bornes de R_i . La position de la terre dans le circuit ne permet pas de mesurer cette tension et V_{ri} simultanément. Cependant, comme à la fréquence de résonance (ou très proche d'elle), le déphasage est nul (ou très petit), on peut considérer que cette tension définitive est égale à la différence entre V_g et V_{ri} . On a ainsi :

$$P_{\text{produite}} = (V_g - V_{ri}) \cdot \frac{V_{ri}}{R_i} \quad \text{et} \quad P_{\text{transmise}} = \frac{V_s^2}{R}$$

Et en définitive :

$$\text{efficacité} = \frac{P_{\text{transmise}}}{P_{\text{produite}}}$$

La méthode proposée pour évaluer la tension aux bornes de l'émetteur ne fonctionne que s'il est effectivement proche de sa fréquence de résonance. Autrement, il faut soit inverser les bornes du générateur après avoir mesuré V_{ri} , pour que l'oscilloscope mesure ainsi la tension effective aux bornes du circuit (on trouve ainsi la valeur exacte, mais il est possible que la manipulation du circuit perturbe quelque peu le générateur), soit disposer d'un oscilloscope qui peut numériser la différence entre les deux signaux et calculer la tension efficace.

Une fois l'efficacité calculée pour une première configuration, on peut répéter l'expérience en modifiant la distance entre les deux bobines, ou en changeant la valeur de la résistance qui consomme la puissance, pour observer comment varie alors l'efficacité du circuit.