

Le tour du cadre

Tout ou presque sur les cadres

4^e partie

par Daniel Maignan

Nous savons qu'il est possible d'utiliser un cadre pour recevoir les ondes radioélectriques à la place d'une antenne. Avec ce genre de dispositif, du fait de sa structure, l'entrée du récepteur se trouve connectée à un circuit électriquement fermé et le signal capté résulte uniquement du courant haute fréquence induit par la composante magnétique du champ radioélectrique.

Après avoir évoqué simplement l'aspect théorique du fonctionnement des cadres, examinons maintenant plusieurs réalisations pratiques aisées à mettre en œuvre, que chacun d'entre vous peut facilement entreprendre. Cette quatrième partie présente la description de deux cadres ferrite actifs, l'un avec amplificateur à tube et le second avec amplificateur à transistors.

We know that it is possible to use a loop instead of a wire antenna for receiving radio waves. With this kind of setup, due to its structure, the receiver is connected to an electrically closed circuit and the signal received results entirely from the high frequency current induced by the magnetic component of the electromagnetic field. Having covered the basic theory of operation, let's now look at

some straightforward practical examples which you can easily tackle. This fourth part describes two active ferrite loops, one with a valve amplifier and the other with a transistor amplifier.

3. Réalisation d'un cadre ferrite

Cette dernière technique met à profit la haute perméabilité que possèdent les ferrites qui sont des céramiques ferromagnétiques apparues dans les années soixante.

Ils se présentent généralement sous la forme de bâtonnets cylindriques, mais on en trouve également de forme aplatie dans les postes à transistors sub-miniatures.

Dans ces modèles, les bobinages sont réalisés sur un bâtonnet de 10 mm de diamètre et 200 mm de long.

Le niveau du signal capté par le cadre est accru par un amplificateur dont nous décrirons une version à tube et une à transistors, afin d'élargir l'intérêt de nos lecteurs.

Beaucoup d'entre nous possèdent ces bâtonnets récupérés sur des épaves de radio à tubes ou à transistors mais savent seulement que leur perméabilité relative, μ_r , est élevée, sans connaître réellement les caractéristiques exactes du matériau ferrite.

La première chose à faire consiste donc à évaluer l'inductance « pseudo spécifique ».

L'inductance « pseudo spécifique » donne seulement un ordre de grandeur, car contrairement à un tore dont le circuit magnétique est parfait, on a ici des fuites magnétiques et l'inductance réalisée sera

différente, selon sa position sur le bâton.

Les bobinages sont réalisés avec du fil 20/100^e isolé sous soie, mais du fil émaillé pourrait également convenir.

Bobiner à peu près au centre du barreau 20 spires jointives et mesurer l'inductance obtenue.

Dans notre cas on a obtenu 26 μH .

Cette valeur permettra de déterminer approximativement le nombre de spires désiré n pour une inductance L , soit :

$$n = 20 \sqrt{\frac{L}{26}}$$

Puisque le calcul a déjà été établi pour le cadre à air du paragraphe 1 dans la deuxième partie (revoir le *Radiofil magazine* n° 52), nous reprenons les mêmes données comme base de départ, soit :

- inductance totale requise en grandes ondes avec mise en série de L_1 et L_2 : $L_T = 1,9 \text{ mH}$;
- inductance totale requise en petites ondes, avec mise en parallèle de L_1 et L_2 en couplage négatif : $L_T' = 0,15 \text{ mH}$.
- induction mutuelle : $M = 0,25 \text{ mH}$.

On reprend pour L_1 et L_2 les valeurs arrondies de 1 mH et 0,35 mH, respectivement.

D'où :

$$n_1(L_1) = 20 \sqrt{\frac{1000}{26}} \approx 125 \text{ spires}$$

Et :

$$n_2(L_2) = 20 \sqrt{\frac{350}{26}} \approx 75 \text{ spires}$$

On fixe, après plusieurs essais, l'enroulement du couplage de sortie, $n_{\text{coup}} = 50$ spires.

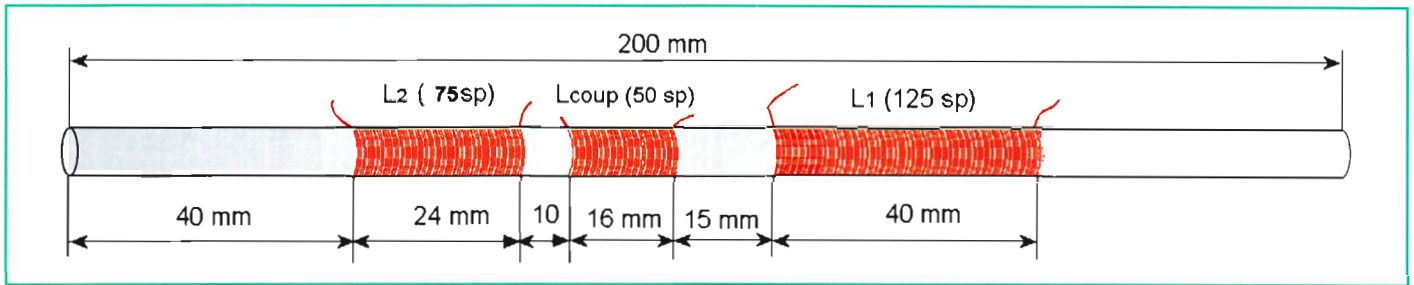


Figure 33. — Position des enroulements sur le bâton de ferrite.

La figure 33 représente la dimension des bobinages ainsi que leur emplacement relatif sur le bâton de ferrite.

Une particularité concerne l'enroulement de L_2 qui est fait sur un morceau de bristol afin de lui permettre de coulisser librement pour un ajustage éventuel.

Les calculs sont vérifiés par des mesures sur un pont d'impédance. Dans notre cas un Boonton (Rx meter 250A). Celles-ci sont indiquées dans l'encadré ci-dessous.

Schéma avec l'amplificateur à lampe (figure 34)

Le condensateur d'accord est un modèle pour poste à transistors dont les deux cages sont mises en parallèle pour avoir une capacité maximale d'environ 470 pF. Le commutateur à deux circuits deux positions met les deux bobinages L_1 et L_2 dans la configuration requise pour l'accord en GO (L_T) ou PO (L_T'). Un condensateur ajustable permet

de faire coïncider la plage d'accord dans les limites de la gamme GO. Il est également possible d'ajuster l'accord PO en faisant coulisser légèrement L_2 .

On utilise un tube noval pentode triode très courant ECF82 (6U8) ou ECF80. La section pentode constitue l'amplificateur en tension du signal délivré par l'enroulement de couplage et la triode est utilisée en cathode suiveuse afin d'abaisser l'impédance de la sortie connectée au poste de TSF.

Mesures au pont d'impédances

a) Mesure de L_2

Capacité d'accord externe $C_{ext} = 57$ pF à $F_a = 1$ MHz.
Fréquence de résonance propre $F_{rp} = 3,7$ MHz.

$$\sqrt{L} = \frac{1}{2\pi F_a \sqrt{57 + C_p}} = \frac{1}{2\pi F_{rp} \sqrt{C_p}}$$

d'où :

$$\frac{1}{1 \times \sqrt{(57 + C_p)}} = \frac{1}{3,7 \times \sqrt{C_p}}$$

$$\sqrt{(57 + C_p)} = 3,7 \times \sqrt{C_p}$$

$$57 + C_p = 13,69 \times C_p$$

$$C_p = \frac{57}{12,69} = 4,5 \text{ pF}$$

On note que la capacité parasite est beaucoup plus faible que dans un cadre à air, ce qui en définitive permet une plus grande couverture de gamme.

Donc la capacité d'accord totale C_T à 1 MHz est égale à :

$$57 \text{ pF} + 4,5 \text{ pF} = 61,5 \text{ pF}$$

Ce qui donne $L_2 = 1000 / (61,5 \times 4 \pi^2) =$

$$0,4119 \text{ mH (pour un calcul de } 0,35 \text{ mH)}$$

b) Mesure de L_T

Capacité d'accord externe $C_{ext} = 42,5$ pF à $F_a = 500$ kHz.

Fréquence de résonance propre $F_{rp} = 1,1$ MHz.

$$\sqrt{(42,5 + C_p)} 0,5 = 1,1 \times \sqrt{C_p}$$

$$(42,5 + C_p) 0,5^2 = 1,1^2 \times C_p$$

$$C_p = \frac{10,62}{0,96} \approx 11 \text{ pF}$$

Donc la capacité d'accord totale C_T à 500 kHz est égale à :

$$42,5 \text{ pF} + 11 \text{ pF} = 53,5 \text{ pF}$$

Ce qui donne $L_T = 1000 / (53,5 \times 4 \pi^2 \times 0,5^2) =$

$$1,89 \text{ mH (pour } 1,9 \text{ mH)}$$

c) Mesure de L_T'

Capacité d'accord externe $C_{ext} = 45$ pF à $F_a = 1500$ kHz.

Fréquence de résonance propre $F_{rp} = 3,8$ MHz.

$$\sqrt{(45 + C_p)} 1,5 = 3,8 \times \sqrt{C_p}$$

$$(45 + C_p) 1,5^2 = 3,8^2 \times C_p$$

$$C_p = \frac{101,25}{12,19} \approx 8,3 \text{ pF}$$

Donc la capacité d'accord totale C_T à 1500 kHz est égale à environ 53,3 pF

Ce qui donne $L_T' = 1000 / (53,4 \times 4 \pi^2 \times 1,5^2) =$

$$0,21 \text{ mH (pour } 0,15 \text{ mH)}$$

Conclusion : le résultat des mesures donne des valeurs relativement satisfaisantes par rapport aux données de départ.

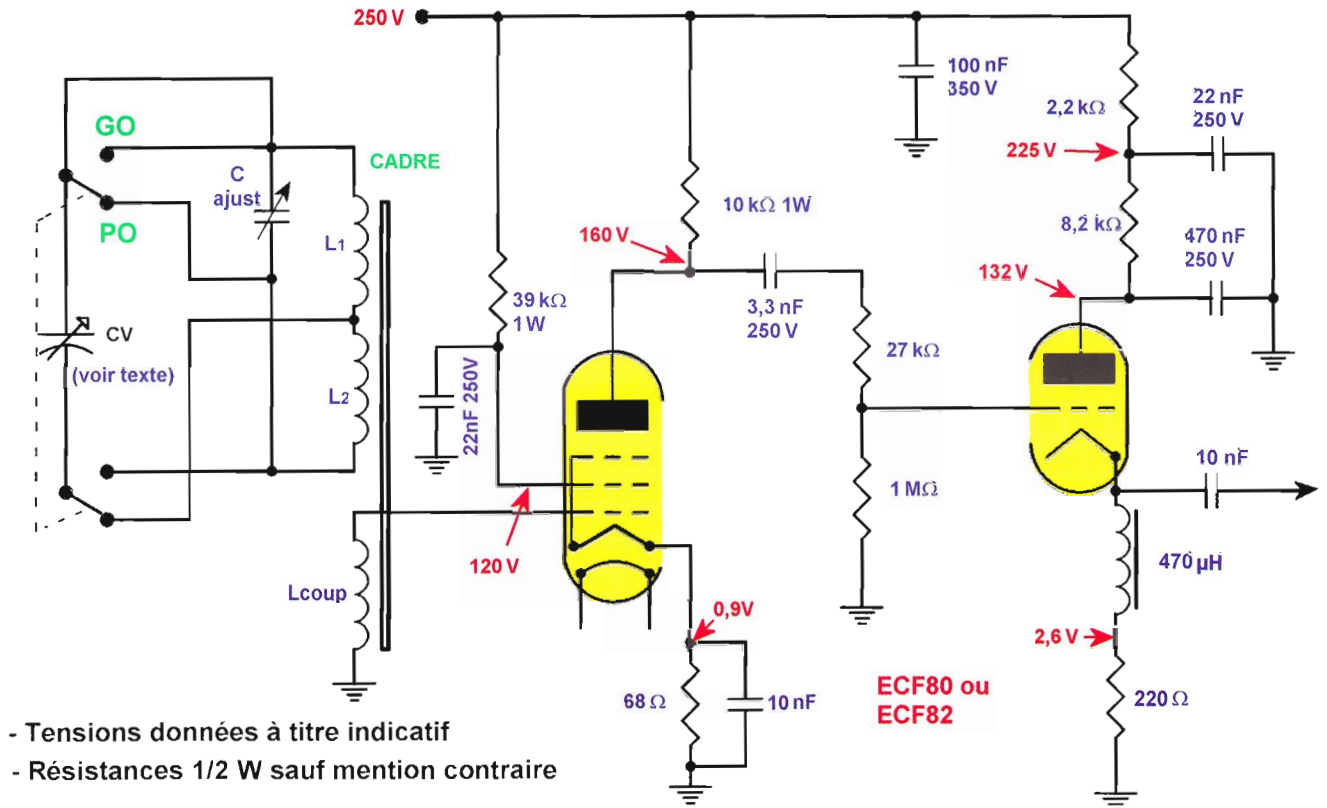


Figure 34. — Schéma du cadre avec amplificateur à lampes.

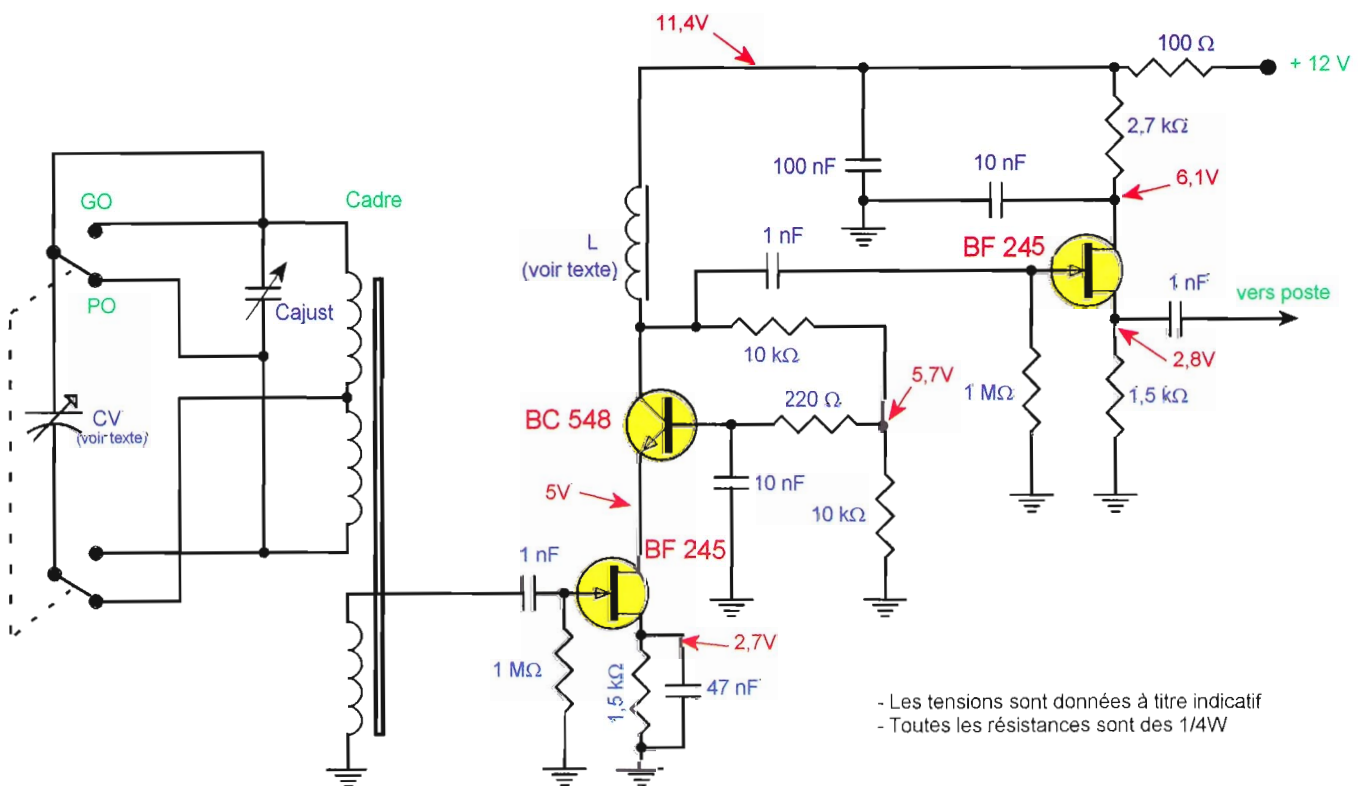


Figure 35. — Schéma du cadre avec amplificateur à transistors.

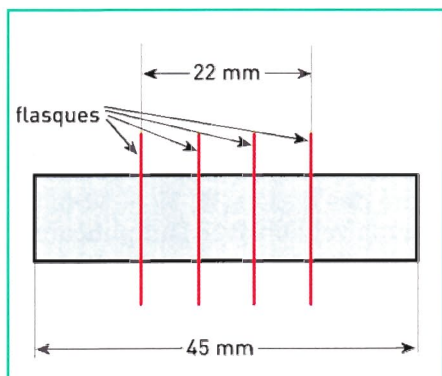


Figure 36. — Détails du noyau de l'inductance sur bâtonnet ferrite 10 mm. L = 10 mH. Bobiner 150 spires par section.

Rien de particulier dans ce montage. Il faut cependant souligner une légère tendance à l'accrochage de la triode dont le circuit anodique doit être efficacement découplé, au plus près de l'électrode, avec un réseau constitué de condensateurs de bonne qualité. La résistance de grille de 27 kΩ, qui doit être soudée au plus près de la cosse de grille, participe également à l'amortissement de l'ensemble en évitant les oscillations parasites.

À titre indicatif, une fourchette de tensions mesurées avec quatre tubes différents est fournie dans le tableau 1 ci-dessous.

Les tensions indiquées sur le schéma sont celles relevées avec le tube ECF82 (1)

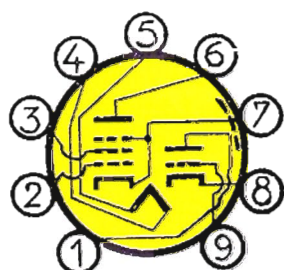
Schéma avec l'amplificateur à transistors

L'amplificateur de la figure 35 comprend deux transistors à effet

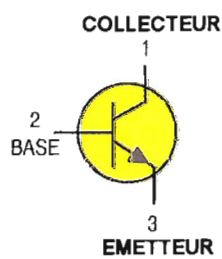
de champ BF245 et un transistor bipolaire BC548. L'amplificateur du type cascode, offre l'avantage de présenter une impédance d'entrée élevée, grâce à la réduction de l'effet Miller. L'étage de sortie est monté en émetteur suiveur afin d'abaisser l'impédance de sortie, comme dans l'amplificateur à tube.

Noter que la polarisation de la base du BC548 est prise sur le collecteur dans le but d'amortir la charge inductive et d'améliorer la linéarité en fréquence.

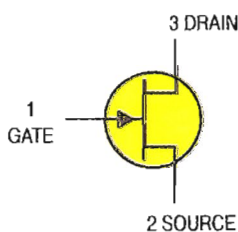
L'inductance de charge L de 10 mH comporte 450 spires bobinées en trois sections qui sont séparées par des flasques en carton, bakélite ou époxy emmanchées à force sur le bâtonnet de ferrite de 45 mm de longueur (figure 36). Ce procédé permet de réduire la capacité répartie qui est préjudiciable à la linéarité en fréquence.



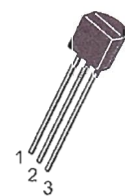
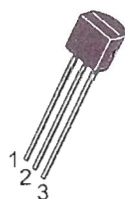
ECF82 / 6U8



BC548



BF245



Polarisations	V_{kp} [V]	V_{ap} [V]	V_{g2} [V]	V_{kt} [V]	V_{at} [V]	Gain [dB]*	
						200 kHz	1 MHz
ECF82 (1)	0,9	160	120	2,6	132	28,9	28
ECF82 (2)	0,79	175	122	2,04	152	28,5	27,3
ECF80 (1)	1	140	137	2,08	114	ND	ND
ECF80 (2)	0,79	168	158	3,76	89	29,5	28,5

Tableau 1. — Relevé de mesures avec quatre tubes différents.

* Note. — Le gain est mesuré à vide. On observe une chute de 6 dB environ avec 1,5 mètre de câble coaxial connecté à l'entrée d'un récepteur des années 40.

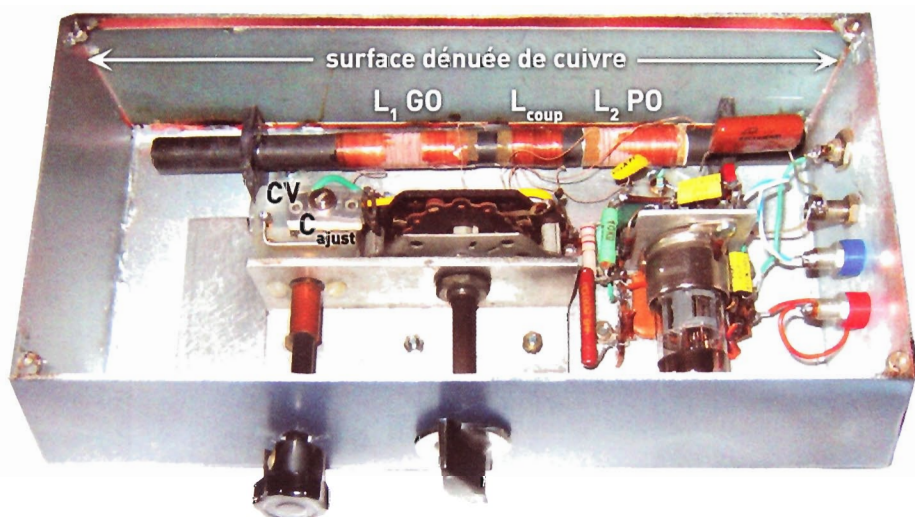


Figure 38. — L'intérieur du boîtier du cadre à lampe.

Figure 37. — Brochage des composants actifs.

F (kHz)	100	200	300	400	500	1000	1200	1400	1600	1800	2000
gain	9,6	13,6	15,6	16,8	16,8	14,4	13,6	12,4	11,6	10,4	10
Gain (dB)	19,6	22,6	23,9	24,1	24,1	23,2	22,6	21,9	21,3	20,3	20

Tableau 2. — Gain en fonction de la fréquence, sortie non chargée.



Figure 39. — Câblage du cadre à lampe.

Le tableau 2 ci-dessus donne le gain, sortie non chargée, en fonction de la fréquence.

Montage

Le brochage des composants actifs est donné sur la figure 37.

L'ensemble est logé dans un boîtier de 225 x 105 x 50 mm confectionné avec des plaques d'époxy cuivré simple face. Au préalable, avant montage, sur le grand côté destiné à se trouver face au cadre, le cuivre est ôté sur la majeure partie de la surface, en ne conservant qu'une bande de 6 mm de large sur la périphérie pour le soudage. Pour ce faire, pratiquer une découpe au scalpel.

Chauffer une arête du rectangle à retirer avec un fer à souder pour amorcer une languette, puis tirer énergiquement avec une pince plate, en exerçant la force dans l'axe médian.

Le coffret recevra un couvercle maintenu par quatre vis de 3 mm vissées sur quatre écrous ou entretoises en laiton soudés aux quatre coins.

On obtient de la sorte un blindage qui accroît la protection contre les parasites locaux.

Deux supports en plexiglas (ou bakélite) de 25 mm de hauteur, percés à 10,1 mm et fixés au fond maintiennent les extrémités du

bâton de ferrite. Le commutateur et le CV sont fixés sur un morceau de cornière en aluminium. Le CV doit être entièrement isolé (rotor et stator) de la masse et comporter un axe en plastique. Les photos du cadre des figures 38, 39 et 40 montrent la version avec l'amplificateur à tube. Ce dernier est monté horizontalement sur une petite cornière. Les sorties des bobinages ainsi que le reste du câblage sont effectués sur des barrettes à cosses standard. Les deux alimentations arrivent sur le côté du boîtier par des fiches banane.

Quant à la version transistorisée, le câblage a été réalisé sur une petite plaquette à trous, voir la figure 41.

Bibliographie

L'Encyclopédie Pratique de la Radio
Bulletin de l'AEA n° 103 Lt de vaisseau G. Malgorn

Les bobinages radio de Hugues Gilloux, S^{te} des Éditions Radio 1942

Apprenez la radio en réalisant des récepteurs de Marthe Douriau, Éditions de la Librairie de la Radio 1957

Toute la radio n° 129 octobre 1948

Radio Constructeur

Radio Plans

Le Haut-Parleur

Remerciements à Serge Logez pour ses conseils techniques et les crédits photo.

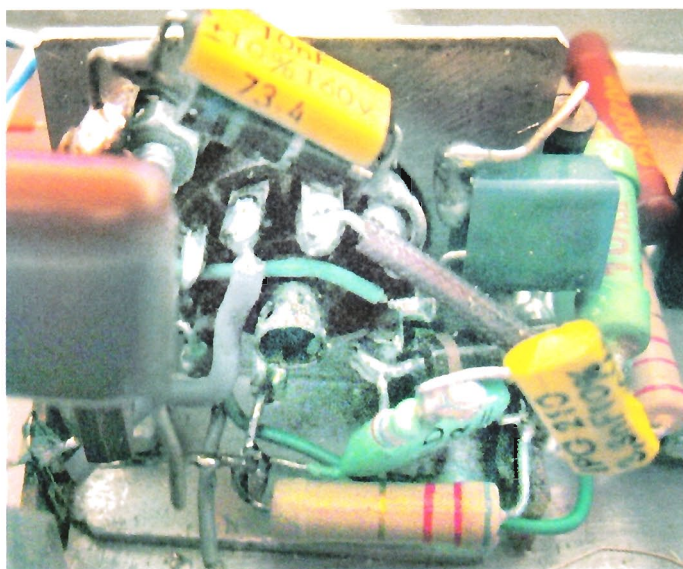


Figure 40. — Détail du câblage du cadre à lampe.

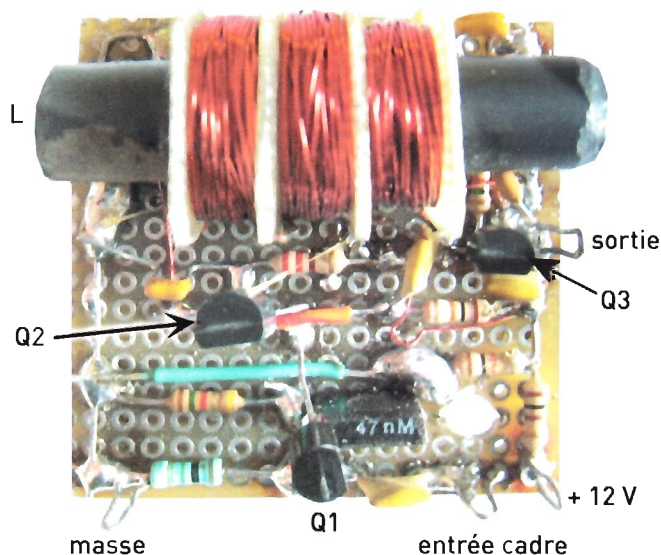


Figure 41. — Câblage du cadre à transistors.