

Sur les oscillateurs Armstrong et Meissner.

1- Introduction.

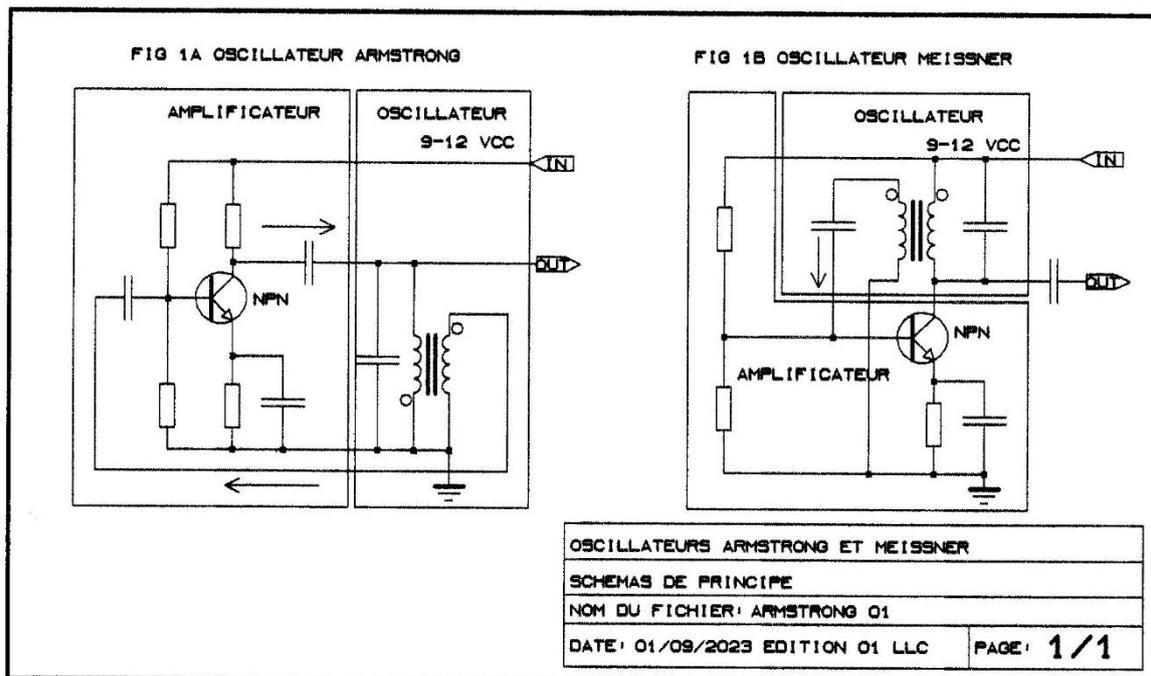
Le texte ci-dessous décrit les oscillateurs de type Armstrong et Meissner. Ce texte n'a pas de grande ambition car en fait, il existe une littérature plus qu'abondante sur le sujet et de très nombreux schémas de réalisation sont disponibles sur le web. En cherchant bien, on trouve également des cours d'écoles supérieures dans la rubrique Cours de Physique. Et la théorie de ces oscillateurs ... ce n'est pas facile à comprendre !

L'oscillateur Armstrong fait partie de la famille des oscillateurs LC au même titre que les oscillateurs Colpitts, Hartley, Clapp et encore d'autres. C'est probablement le premier oscillateur à avoir été mis au point, en 1912 déjà, et il a généreusement servi sur les radios de toutes sortes jusque dans les années 1940.

L'oscillateur Meissner est une variante de l'oscillateur Armstrong, construit dans une configuration différente. Il a été inventé en 1913. Il semble qu'il règne « comme une petite confusion » dans la littérature puisque les deux variantes sont connues sous le nom Armstrong aux USA et Meissner en Europe.

2- Schéma de principe.

Le schéma de principe de l'oscillateur Armstrong est donné sur la figure 1A. Comme les autres oscillateurs LC, l'oscillateur Armstrong se compose d'un amplificateur et d'un oscillateur proprement dit.



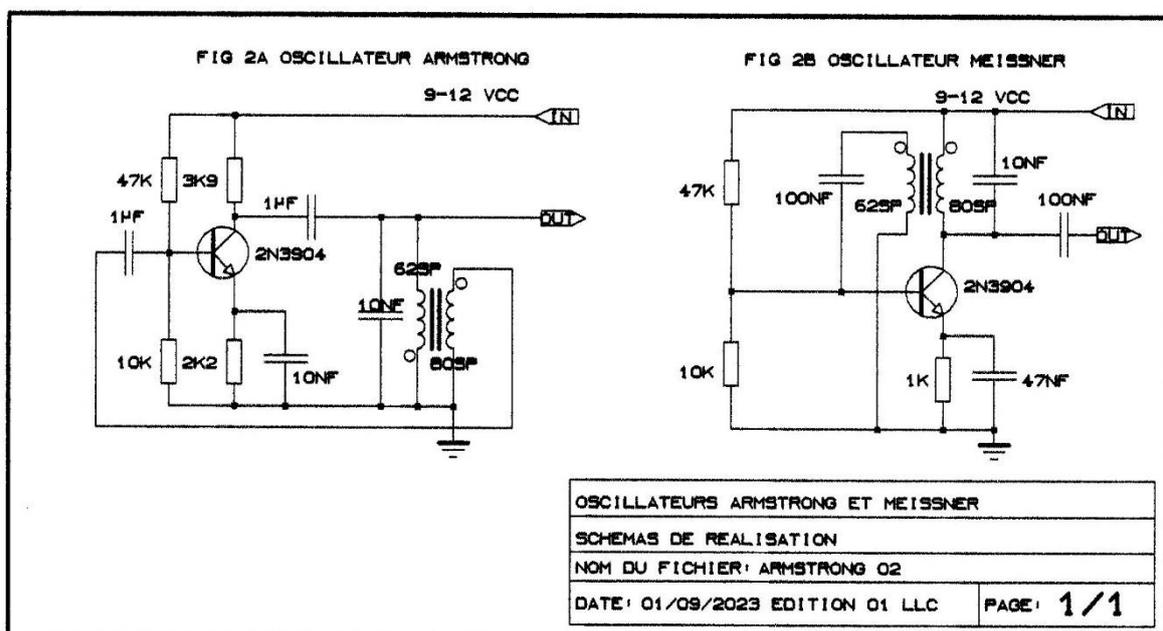
L'amplificateur peut être réalisé avec un transistor bipolaire BJT, un transistor à effet de champs JFET ou encore un ampli opérationnel OPA. Ici on a choisi un transistor NPN

2N3904 câblé en émetteur commun. On entre par la base et on sort sur le collecteur, avec un déphasage de 180 degrés qu'il vaut mieux ... ne pas oublier! La polarisation de la base se fait avec un pont diviseur de tension. La résistance de collecteur sert à générer une tension de sortie. On peut aussi utiliser une inductance de grande valeur, mais cela ne semble pas du tout nécessaire. La résistance d'émetteur sert à la stabilisation thermique du transistor. Le condensateur de découplage de la résistance d'émetteur draine la composante alternative du signal vers la masse. C'est un peu comme un court-circuit pour le courant alternatif. L'oscillateur est constitué d'un condensateur et d'un transformateur en parallèle. On ajuste la fréquence d'oscillation avec le condensateur et le primaire du transformateur. On prend le signal généré par le secondaire du transformateur et on le renvoie sur la base du transistor. Et la boucle de réaction est ainsi fermée. Il faut évidemment isoler l'oscillateur avec un condensateur en entrée et un autre en sortie. Et reprendre le signal du bon côté du secondaire pour assurer un deuxième déphasage de 180 degrés.

Le schéma de l'oscillateur Meissner est donné sur la figure 1B. Comme on peut le voir, dans ce cas, l'oscillateur se trouve entre le rail positif et le collecteur du transistor. Le transistor est donc alimenté à travers le primaire du transformateur. On doit donc s'attendre à ce que la tension de collecteur V_c soit pratiquement égale à la tension d'alimentation V_{cc} . Et c'est uniquement la résistance d'émetteur qui fixe le courant de repos du transistor. Ici aussi on reprend le signal sur le secondaire du transformateur et on le renvoie sur la base du transistor, à travers un condensateur de liaison. Il faut faire attention au raccordement du secondaire pour assurer le déphasage de 180 degrés. Dans ce montage, le primaire du transformateur est relié au rail d'alimentation V_{cc} tandis que le secondaire est relié à la masse. Il faut donc s'assurer que l'isolation est correcte.

3- Réalisation pratique.

Les schémas de réalisation sont donnés dans les figures 2A et 2B et illustrés sur les trois photos ci-dessous.



Pour la première réalisation (photo de gauche), on a construit un petit transformateur avec les caractéristiques suivantes : mandrin 19 mm, fil de 0.5 mm de diamètre, primaire 80 spires et secondaire 62 spires. Le secondaire est bobiné directement sur le primaire. On a utilisé un barreau de ferrite de 5 x 12 x 100 mm comme noyau. Le barreau de ferrite est amovible, ce qui donne l'avantage de pouvoir régler la fréquence d'oscillation dans une large plage, sans toucher au condensateur. L'inductance du primaire est de 318 μH à vide, avec un secondaire non raccordé. On prendra cette valeur de 318 μH pour calculer la fréquence d'oscillation théorique de l'oscillateur.

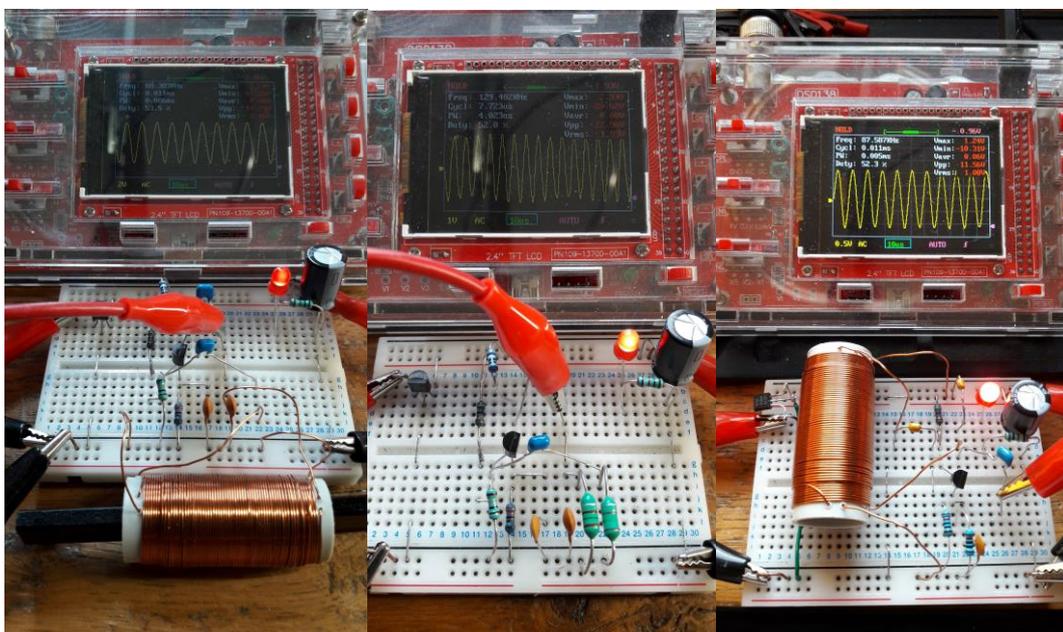
Dans la deuxième réalisation (photo du centre), on a abandonné le transformateur et on l'a remplacé par de simples inductances moulées. On a sélectionné des inductances de 64.5, 86.5, 156.3 et 425 μH (valeurs mesurées) et un condensateur de 10 nF de manière à limiter la fréquence d'oscillation à 200 kHz maximum, parce que le petit oscilloscope qui sert à visualiser le signal ne permet pas de monter plus haut en fréquence. On peut faire varier la fréquence d'oscillation en réglant la distance entre les deux inductances. Les fréquences d'oscillation théoriques ont été calculées avec la formule bien connue :

$$F_o = 1/(2\pi*(L*C)^{1/2}) \text{ avec } L = \text{inductance et } C = \text{Capacité}$$

La troisième réalisation est un oscillateur Meissner (photo de droite). On a repris le même transformateur avec bobinages superposés comme pour l'oscillateur Armstrong ci-dessus. On voit que le transistor est alimenté à travers le circuit oscillant et que la résistance d'émetteur règle le courant de repos du transistor. Comme dans le cas de l'oscillateur Armstrong, on peut faire varier la fréquence de l'oscillateur en jouant sur la position du noyau en ferrite. On a mis des condensateurs de liaison de 100 nFarads qui semblent bien convenir.

4- Photos des réalisations.

A gauche : oscillateur Armstrong avec transformateur « bobines superposées ». Au centre : oscillateur Armstrong avec deux inductances moulées. A droite : oscillateur Meissner avec le même transformateur « bobines superposées » que pour l'oscillateur Armstrong.



5- Résultats des mesures.

Type	L (μ H)	C (nF)	Fo (kHz)	F Min (kHz)	F Max (kHz)	Vc (Volt)	Ve (Volt)	Vb (Volt)	Vbe (Volt)	Ic (mA)
Arms	318	10.25	88.2	88.2	207	7.13	2.75	1.03	-1.71	1.25
Arms	64.5	10.25	195.8	200	210	8.31	1.91	1.99	0.08	0.86
Arms	86.5	10.25	169.1	170.4	182	8.46	1.90	2.00	0.12	0.86
Arms	156.2	10.25	125.8	118.5	137	7.87	2.13	1.99	-0.13	0.97
Arms	425	10.25	76.3	74.5	85.0	7.78	2.19	1.99	-0.19	1.00
Mess	318	10.25	88.2	86.8	210	11.75	3.67	-0.50	-4.17	3.67
Mess	318	100	28.2	28.5	88.7	11.74	3.87	1.29	-2.53	3.87
Armstrong conditions repos avec Re = 2K2						9.28	1.36	2.00	0.64	0.60
Meissner conditions repos avec Re = 1K						11.71	1.32	2.00	0.66	1.32

Dans le tableau ci-dessus, on a rassemblé quelques mesures qui illustrent le fonctionnement de l'oscillateur. On peut faire les constatations suivantes.

La fréquence d'oscillation mesurée correspond avec la fréquence théorique prévue pour l'oscillateur Armstrong avec transformateur (première ligne). C'est déjà ça. Dans tous les autres cas, les fréquences mesurées sont différentes, même si l'écart mesuré n'est pas très grand. Cela est probablement dû au montage sur plaque d'expérimentation rapide qui « cache des μ Farads et des mHenry » un peu partout... et modifie la fréquence d'oscillation.

La fréquence d'oscillation augmente considérablement quand on retire le noyau de ferrite du transformateur ou bien lorsqu'on augmente la distance entre les deux inductances. Ceci est normal puisque on diminue la valeur du couplage entre primaire et secondaire du transformateur ou entre les deux inductances. En retirant le noyau de ferrite ou bien en augmentant la distance entre les deux inductances, on diminue aussi le niveau de sortie de l'oscillateur (la tension de sortie diminue) jusqu'au moment où l'oscillateur semble ne plus osciller du tout. Ce phénomène est réversible. Il suffit de ramener un peu le noyau de ferrite vers l'intérieur ou de rapprocher un peu les inductances et l'oscillateur repart à nouveau.

Automatic Sliding Class C. Au départ, le transistor fonctionne bien en classe A, avec $V_{be} = 0.64$ Volts, ce qui est attendu. Mais dès que le courant d'émetteur augmente, V_{be} diminue jusqu'à devenir négatif dans certains cas. C'est un phénomène connu et attendu que l'on désigne sous « automatic sliding class C » ou « glissement automatique en classe C ». Quand le courant qui traverse le transistor augmente, la tension d'émetteur augmente aussi, mais la tension de la base reste « plutôt bloquée » par le pont diviseur de tension. Et en conséquence la tension base émetteur diminue et on passe donc en classe C. Ce qui n'est pas un problème. On ne demande pas au transistor d'amplifier un signal sans le déformer comme si on était en BF Hi-Fi. On lui demande seulement de donner les petites impulsions suffisantes pour maintenir l'oscillateur en action. Ce phénomène est particulièrement visible pour l'oscillateur Meissner, avec une tension $V_{be} = -4.17$ et $V_b = -0.50$ Volts. On peut difficilement passer à côté, mais l'explication n'est pas à la portée du réacteur de ces lignes !

6- Notes et conclusions.

La réalisation d'un oscillateur de Armstrong, Meissner, Colpitts, Clapp ou encore Hartley est une chose facile qui est à la portée des débutantes et des débutants qui n'ont pas beaucoup d'expérience en électronique. On peut facilement construire ces oscillateurs sur une plaque d'expérimentation rapide (breadboard) ou à la méthode Manhattan, qui assure de meilleurs contacts et aussi une meilleure stabilité mécanique. Le plus simple est de partir d'un étage d'amplification à un transistor bipolaire type 2N3904 câblé en émetteur commun et d'utiliser des inductances moulées que l'on trouve facilement dans le commerce. Le plus difficile est probablement de visualiser le signal de sortie. En effet, il faut pour cela un oscilloscope, même élémentaire de type DIY, et c'est l'oscilloscope qui va limiter la gamme des fréquences que l'on veut visualiser.

Le signal de sortie est « à première vue » de type sinusoïdal. Mais il contient vraisemblablement des distorsions qu'on peut mettre en évidence avec un oscilloscope plus sophistiqué. Le signal est stable dans le temps, en ce sens qu'on n'observe pas de dérive même après plusieurs heures de fonctionnement.

7- Références.

- Armstrong Oscillator dans <https://ecstudiosystems.com>
- Armstrong Oscillator Circuit Working dans <https://elprocus.com>
- Oscillator – Definition – Types – Working dans <https://electricalacademia.com>
- Oscillateur Armstrong sur Wikipédia.

Rédigé par LLC le 01/09/2023.