

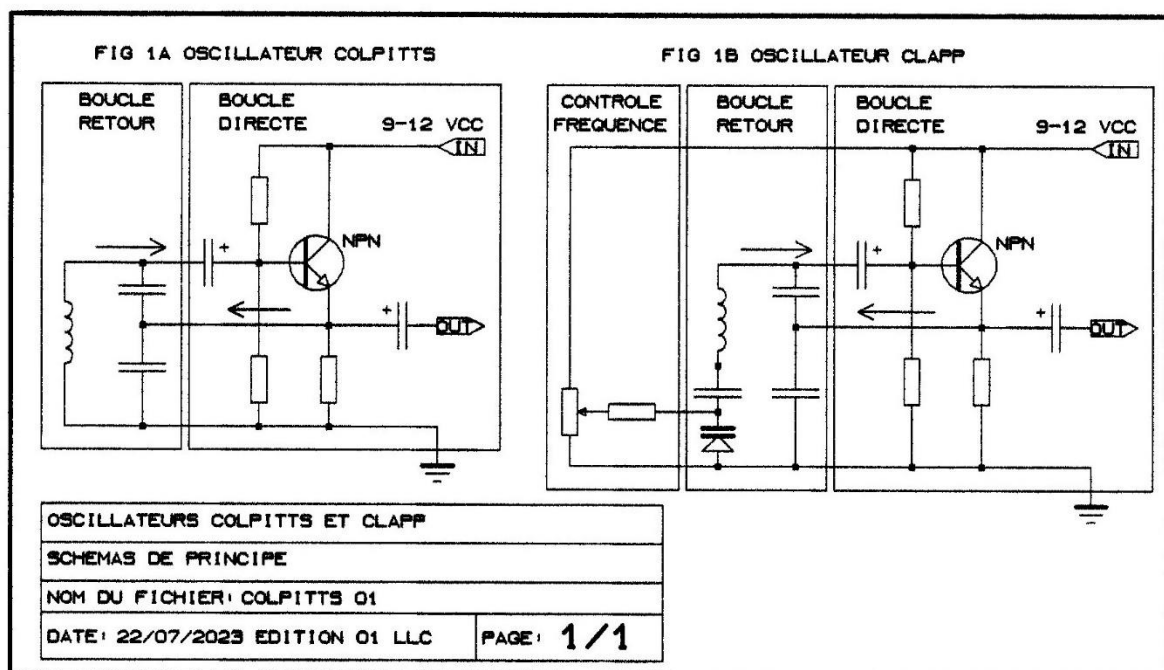
# Sur les oscillateurs Colpitts et Clapp.

## 1. Introduction.

Les oscillateurs sont présents partout dans le domaine de l'électronique et en particulier en radio fréquences. Un rapide coup d'œil sur le net et l'on trouve de très nombreux articles, des notes de cours et des thèses de fin d'études de toutes sortes. On y trouve aussi de très nombreux schémas de petits oscillateurs de laboratoire. En fait il existe de nombreux types d'oscillateurs et en plus chaque oscillateur peut faire l'objet de plusieurs variantes dans sa construction, ce qui rend la littérature sur le sujet assez difficile à aborder. Sans oublier que le sujet n'est pas facile du tout. Si l'on veut essayer de comprendre le fonctionnement de ces oscillateurs, on peut par exemple se référer aux tutoriels publiés sur [www.learnabout-electronics.org](http://www.learnabout-electronics.org).

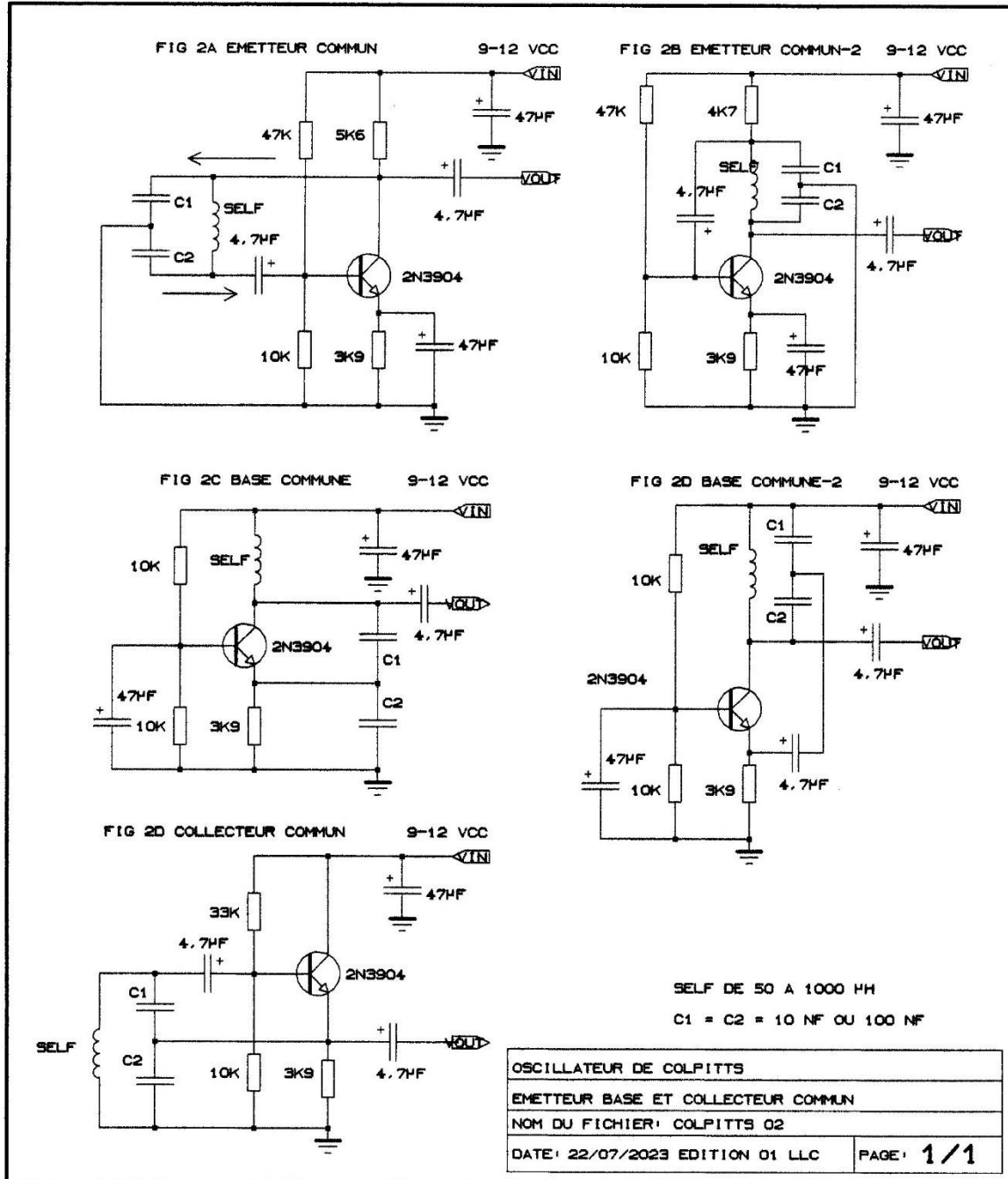
Le texte ci-dessous n'a aucune ambition, si ce n'est peut-être d'essayer d'aider les débutants et débutantes à « s'y retrouver un peu » et à les inciter à construire eux-mêmes un petit oscillateur élémentaire. L'auteur de ces lignes n'a lui-même pas d'autre formation en électronique que quelques bidouillages hasardeux et parfois téméraires. Le texte ci-dessous n'est vraisemblablement pas exempt de faiblesses de toutes sortes.

L'oscillateur Colpitts proprement dit est un des plus anciens et un des plus fréquemment rencontrés. Comme beaucoup d'autres, il est composé d'une boucle directe et d'une boucle de retour. La boucle directe peut être un transistor bijonction BJT, un transistor à effet de champs FET ou bien encore un amplificateur opérationnel OPA. Anciennement, on utilisait un tube électronique. La boucle retour fait appel à 2 condensateurs en série avec une inductance en parallèle. Avec une prise entre les 2 condensateurs. C'est donc un oscillateur de type LC. Si l'on ajoute un condensateur variable en série avec l'inductance, on obtient un oscillateur Clapp, qui permet de régler la fréquence. Le condensateur ajustable peut bien entendu être de type mécanique ou bien une diode Varicap commandée en tension. Le schéma de principe est repris dans la figure 1 ci-dessous.



## 2. Réalisation des oscillateurs Colpitts.

On a réalisé des oscillateurs Colpitts avec un transistor bijonction BJT NPN 2N3904. Beaucoup d'autres transistors pourraient tout aussi bien convenir. On a successivement utilisé les configurations en émetteur commun, en collecteur commun et en base commune. On a envisagé plusieurs variantes qui sont fréquemment décrites dans la littérature et sur le web. Ces montages sont illustrés sur la figure 2 ci-dessous.



Les montages ont été réalisés sur plaque d'expérimentation à trous, ce qui est bien pratique si l'on doit modifier les composants et corriger des erreurs. En revanche, cette approche n'est pas recommandée si l'on monte en fréquence, parce la stabilité mécanique n'est pas au rendez-vous et parce que les contacts sont parfois « peu robustes ». Pour cette raison on a choisi de travailler à des fréquences relativement basses, entre 20 et 200 kHz. En outre ... on a relevé les signaux de sortie avec

de modestes oscillateurs (DSO138 et PCSU02 de Velleman) qui sont limités en fréquences. On a choisi assez arbitrairement des inductances de 50, 100, 200, 470 et 940  $\mu\text{H}$ . Pour atteindre la gamme de fréquence retenue, il faut utiliser des condensateurs de 10 nF et 100 nF. Le calcul des fréquences théoriques se fait facilement avec la formule bien connue

$$f_0 = 1/(2\pi) * (L * C_1 * C_2 / (C_1 + C_2))^{1/2} \quad L = 50, 100, 200, 470 \text{ et } 940 \mu\text{H} \text{ et } C_1 = C_2 = 10\text{nF et } 100\text{nF.}$$

**La figure 2A montre l'oscillateur en mode émetteur commun.** C'est probablement le montage le plus rencontré. Le collecteur est relié à la source de tension par une résistance de 5K6 Ohms. On prend le signal sur le collecteur et on le renvoie sur la base. La polarisation de la base se fait avec un pont diviseur de tension, une résistance d'émetteur et un condensateur de découplage qui renvoie la composante alternative à la masse. C'est le montage amplificateur en tension et en courant. Les condensateurs de liaisons ne sont pas critiques. Parfois on conseille de prendre les condensateurs de liaison les plus petits possible. Dans les montages, on a utilisé des valeurs élevées de 4,7  $\mu\text{F}$  et ça fonctionne bien. Le condensateur de découplage de l'émetteur peut prendre des valeurs entre 4,7  $\mu\text{F}$  et 470  $\mu\text{F}$ .

Le courant au repos :  $I_c = (V_{cc} - V_c) / R_c = 3/5600 = 0,53 \text{ mA}$  ce qui est correct.

Résistance dynamique de l'émetteur :  $R_{e(\text{dyn})} = 0.026 / I_c = 0.026 / 0,00053 = 49 \text{ Ohms}$

Gain en tension courant alternatif :  $A_v = R_c / R_{e(\text{dyn})} = 5600 / 49 = 114$

Critère de Barkhausen =  $A_v * A_r = A_v * (C_1/C_2) = A_v/2 = 114 / 2 = 57 \gg 1$  !!!!

**La figure 2B est une variante du mode émetteur commun.** On a relié le circuit oscillant à la borne positive du montage et la prise entre les 2 condensateurs à la masse. On reprend le signal en haut du circuit oscillant et on le renvoie sur la base via un condensateur de liaison. Bien entendu, pour obtenir un signal en haut du circuit oscillant, il faut intercaler une self ou une résistance de grande valeur entre le circuit oscillant et la source de tension. Ici on a utilisé une résistance de 4K7 Ohms ou une inductance de 4K7  $\mu\text{Henry}$ .

**La figure 2C montre l'oscillateur en mode base commune.** Ici c'est l'inductance qui relie la source de tension au collecteur à la source de tension. On prend le signal sur le collecteur et on le renvoie sur l'émetteur. Il n'y a pas de condensateur de découplage de l'émetteur. C'est un amplificateur en tension. Les résistances de polarisation de la base ne semblent pas critiques non plus puisque les schémas publiés sur le web donnent des rapports 5:1 à 1:1. On a choisi 10k et 10k assez arbitrairement.

**La figure 2D est une variante du mode base commune.** Dans ce cas, le circuit oscillant est relié directement à la source de tension. On reprend le signal entre les 2 condensateurs et on le renvoie sur l'émetteur via un condensateur de liaison qui élimine la composante courant continu. Pour la polarisation de la base, on a utilisé successivement des résistances 10K/10K et 15K/5K6 sans constater de différence.

**La figure 2D montre l'oscillateur en mode collecteur commun.** Le collecteur est directement relié à la source de tension  $V_{cc}$ . Dans ce cas on prend le signal sur l'émetteur et on le renvoie sur la base. C'est un amplificateur en courant. Il n'y a pas de condensateur de découplage sur la résistance d'émetteur. La base est également polarisée avec un pont diviseur de tension. On a choisi un rapport 3/1 que l'on a réalisé avec des résistances de 33K et 10K. Sur de nombreux montages, on retrouve 2 résistances de 10 k ou 12 K et ça fonctionne

tout aussi bien. C'est ce mode en collecteur commun que l'on utilisera par après pour réaliser des oscillateurs Clapp.

### 3. Résultats des mesures.

Les résultats sont compilés dans le tableau suivant. On peut voir que les fréquences mesurées sont généralement plus élevées que les fréquences calculées. C'est curieux. Les mesures sont plutôt stables et reproductibles jusqu'à 100 kHz mais beaucoup moins au-delà de 100 kHz, ce qui n'est pas trop étonnant pour des montages sur plaques d'expérimentation. Les signaux de sortie sont propres et ils ont bien la forme de sinusoïdes jusqu'à 100 kHz, mais ils peuvent montrer de fortes distorsions et de l'instabilité au-delà de 100 kHz.

Lors des mesures au-dessus de 200 kHz, on a observé que le signal est par moment modulé en amplitude comme illustré dans une photo ci-dessous. Il se peut que ce soit un phénomène de « self-quenching ou squegging » qui est défini comme « une oscillation qui se construit et disparaît avec une période beaucoup plus grande que la fréquence de l'oscillation fondamentale ». Mais ... on peut lire aussi dans la littérature que les oscillateurs Colpitts ne présentent jamais ce phénomène! Il se peut aussi que ce soit un artéfact dû au fait que l'on est à la limite extrême haute de la plage de fréquences mesurables par le petit oscilloscope.

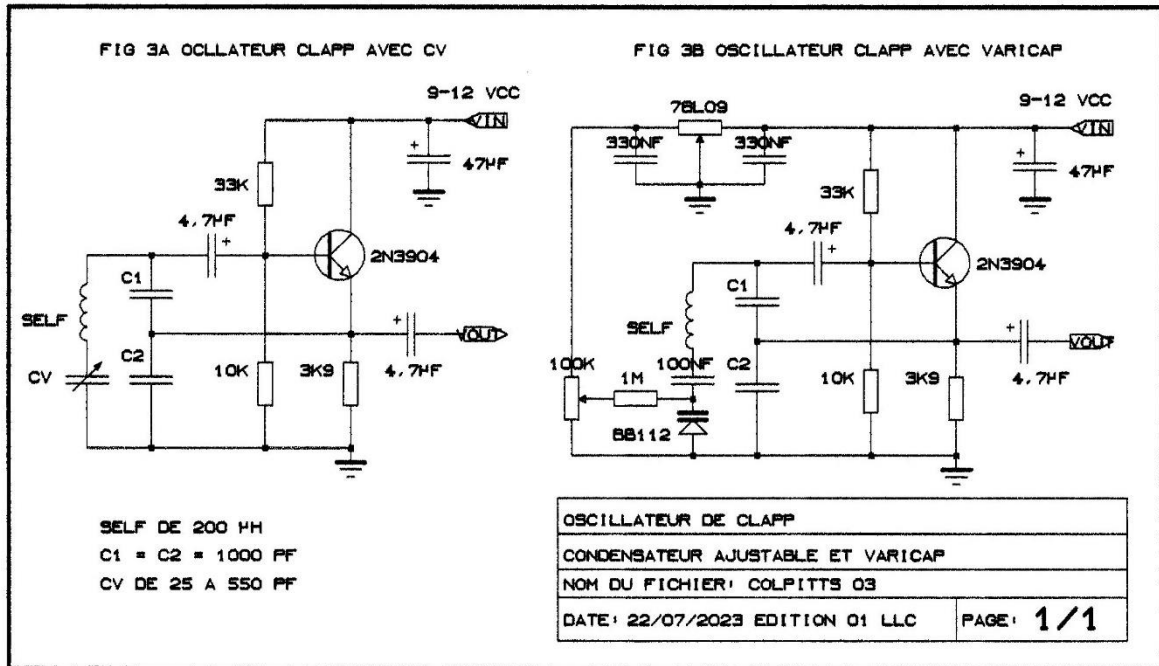
**Tableau 1 : Résultats des mesures oscillateur COLPITTS.**

L en $\mu\text{H}$	Fo théorique en kHz	Fo mesurée Emetteur Commun	Fo mesurée Emetteur Commun version 2	Fo mesurée Collecteur Commun	Fo mesurée Base Commune	Fo mesurée Base Commune version 2
<b>C1, C2 = 10 nF</b>						
50	318	-----	-----	-----	-----	-----
100	224	227 +/- 10	243 +/- 10	238 +/- 10	247 +/- 10	239 +/- 10
200	159	156 +/- 5	177 +/- 5	176 +/- 4	170 +/- 5	180 +/- 5
470	103.8	100 +/- 4	103 +/- 2	112 +/- 2	112 +/- 4	114 +/- 3
940	73.4	70 +/- 2	82 +/- 1	81 +/- 1	79 +/- 2	83 +/- 1
<b>C1, C2 = 100 nF</b>						
50	100.6	134 +/- 2	155 +/- 10	132 +/- 2	144 +/- 3	151 +/- 3
100	71.2	96 +/- 2	106 +/- 2	96 +/- 2	96 +/- 3	97 +/- 2
200	50.3	69 +/- 2	75 +/- 2	67 +/- 2	67 +/- 3	68 +/- 2
470	32.8	43 +/- 2	44 +/- 2	44 +/- 2	42 +/- 2	43 +/- 2
940	23.2	30.2 +/- 1	33.5 +/- 1	29.5 +/- 1	29.1 +/- 1	29.9 +/- 1

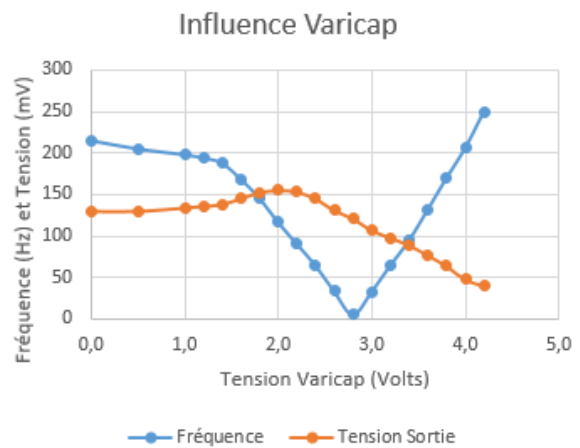
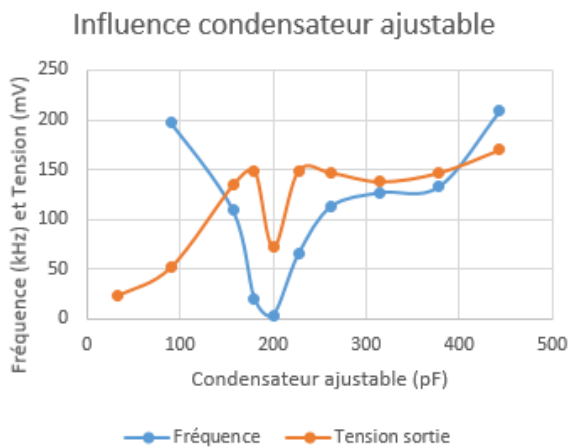
### 4. Réalisation des oscillateurs Clapp.

Comme indiqué plus haut, l'oscillateur Clapp est une variante de l'oscillateur Colpitts dans laquelle on a mis un condensateur en série avec l'inductance. En faisant varier le condensateur, on modifie la fréquence d'oscillation. Le condensateur diminue la valeur de l'inductance et on doit normalement s'attendre à ce que les fréquences soient plus élevées que sans le condensateur. Les schémas sont illustrés dans la figure 3. La figure 3A montre un oscillateur Clapp avec un condensateur ajustable. La figure 3B montre un oscillateur Clapp avec une diode Varicap BB112 et son potentiomètre

de pilotage. On a ajusté C1 et C2 à 1000 pF avec une gamme de condensateurs allant de 47 à 470 pF. La diode Varicap couvre approximativement la même gamme de capacités.



### Résultats des mesures oscillateur CLAPP.

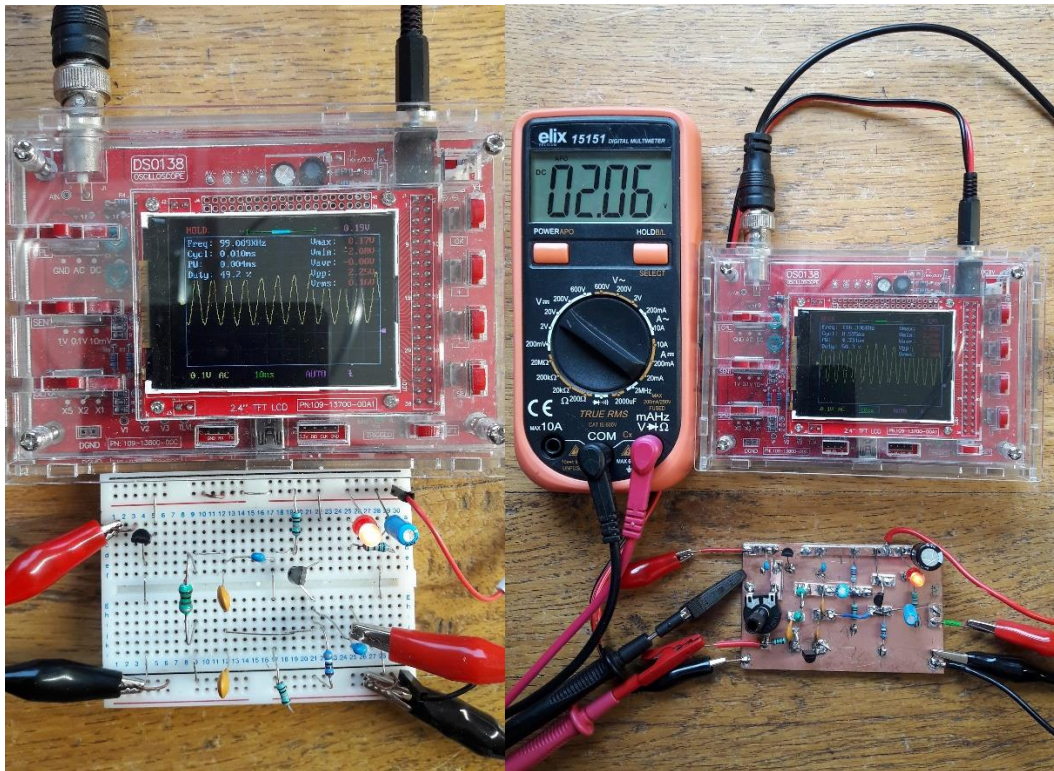


Les résultats sont donnés dans les graphiques ci-dessus. On voit l'influence du condensateur sur la fréquence d'oscillation. Curieusement la fréquence d'oscillation tombe pratiquement à zéro lorsque le condensateur vaut +/- 200 pF ou lorsque la tension aux bornes de la Varicap est +/- 2,6 Volts. Les valeurs des tensions de sortie en RMS sont également reprises dans les graphiques. On peut voir que la tension de sortie augmente lorsque la valeur du condensateur augmente ou lorsque la tension aux bornes de la Varicap diminue. Ce qui est attendu car en effet, diminuer la tension aux bornes de la Varicap revient à augmenter sa capacité.

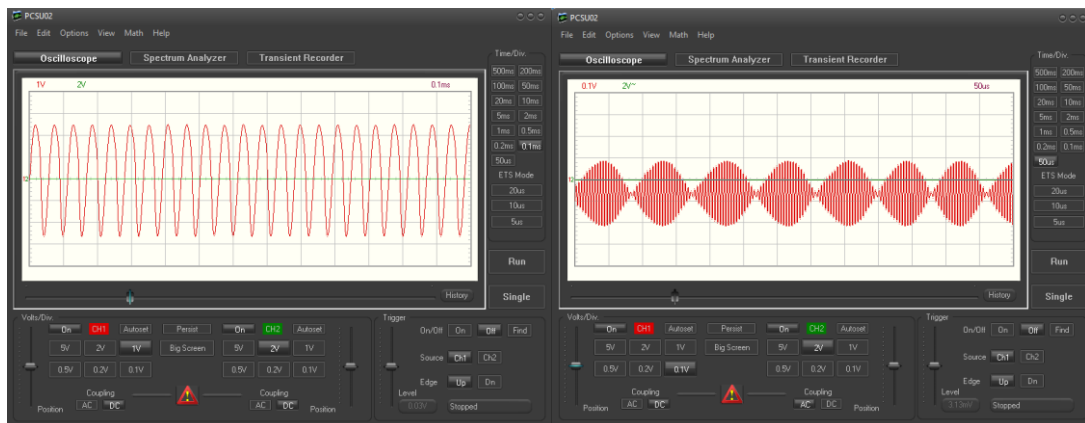


#### 4- Photos des montages.

La photo de gauche montre un oscillateur Colpitts sur plaque expérimentation. La fréquence mesurée est de 99.0 kHz. La photo de droite montre un oscillateur Clapp, qui est reconnaissable par le potentiomètre de réglage de la diode Varicap. La tension aux bornes de la Varicap est 2.06 Volts. La fréquence d'oscillation est 116.3 kHz.



#### 5- Traces oscilloscopes.



Trace oscilloscope 16 kHz

Trace oscilloscope 222 kHz

#### 6- Le mot de la fin...

Aux débutantes et débutants qui ont eu le courage et la patience de lire ce texte jusqu'au bout, il ne me reste plus qu'à les encourager à rassembler les quelques composants nécessaires et à se mettre au travail. Et oui les travaux pratiques, c'est important. Ces montages sont faciles à réaliser et ils permettent de se familiariser avec le monde compliqué des oscillateurs. Le plus difficile est de saisir

le signal de sortie. Il faut un petit oscilloscope capable de monter à a moins 200 kHz. Un appareil rudimentaire suffit. Si l'on ne dispose pas d'oscilloscope, on peut se limiter aux fréquences du spectre audible. On réalisera alors un oscillateur avec pont de Wien ou avec une boucle de déphasage et on s'arrangera pour générer un signal de fréquence approximativement 1 kHz. On peut alors « écouter » le signal sur un amplificateur audio élémentaire... sans faire appel à la chaîne de salon HI-FI ben sûr !

#### **7- Références.**

- Tutoriels de [www.learnabout-electronics.org](http://www.learnabout-electronics.org) sur les oscillateurs
- Colpitts Oscillator Tutorial and Colpitts Design - <https://www.electronics-tutorials.ws>
- Oscillateur Colpitts - Colpitts oscillator - [https://fr.abcdef.wiki/wiki/Colpitts\\_oscillator](https://fr.abcdef.wiki/wiki/Colpitts_oscillator)
- Analysis of Colpitts Oscillator - [https://epublications.marquette.edu/theses\\_open/554/](https://epublications.marquette.edu/theses_open/554/)
- Oscillateur Colpitts et oscilateur Clapp sur Wikipédia

**Rédigé par LLC le 22/08/2023.**