

# Étude de la PLL CD4046B

## Rapport du Devoir 4

Ce rapport décrit une étude de la PLL CD4046B.

**À partir de la notice technique de la PLL HEF 4046B (similaire à la PLL CD4046B) fournie à la fin de ce document, déterminer pour une capacité  $C_1=1nF$ , et des résistances  $R_1=10k\Omega$  et  $R_2$  infinie, la plage de fonctionnement du VCO**

On cherche dans la Figure 7 de la notice technique. Avec  $C_1 = 1nF$ ,  $R_1 = 10k\Omega$  et  $V_{dd} = 10V$  on obtient  $f_0 = 8 \times 10^4 Hz$ . Alors la plage de fonctionnement est  $0 \sim 1,6 \times 10^5 Hz$  (décalage de fréquence nul car  $R_2$  infinie).

**Introduire les valeurs obtenues de  $f_{min}$  et  $f_{max}$  dans les caractéristiques du modèle LTSpice de la PLL CD4046B (fichier de simulation « CD4046B VCO.asc »), et vérifier le bon fonctionnement de la simulation du VCO en relevant sa caractéristique. On prendra pour la tension d'entrée  $V_1$  des valeurs de 0 à 10 V par pas de 1 V. On mesurera la fréquence du signal  $f_{VCO}$  en sortie du VCO en utilisant la fonction FFT de LTSpice**

On fait varier  $V_1$  de 0 à 10V par pas de 1V et on mesure la fréquence principale du signal  $f_{VCO}$ . Voici les résultats<sup>1</sup>:

$V_1$ (V)	0V	1V	2V	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V	10V
$f_{VCO}$ (KHz)	0,001	1,96	21,46	40,98	60,48	80,00	99,52	119,02	138,54	158,04	160

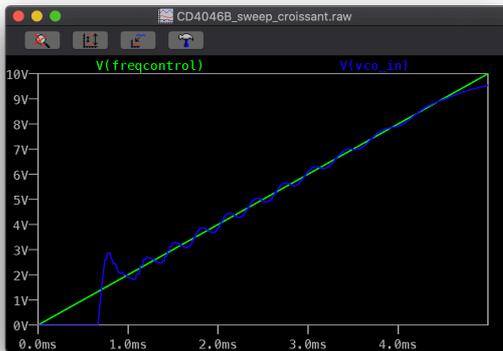
On a donc  $f_{min} = 1Hz$  et  $f_{max} = 160KHz$ , ce qui correspond au commentaire ajouté dans le fichier de simulation ainsi que la notice technique.

<sup>1</sup> Pour le résultat de  $V_1 = 0V$ , on prolonge le temps de simulation à 10s pour obtenir la fréquence réelle

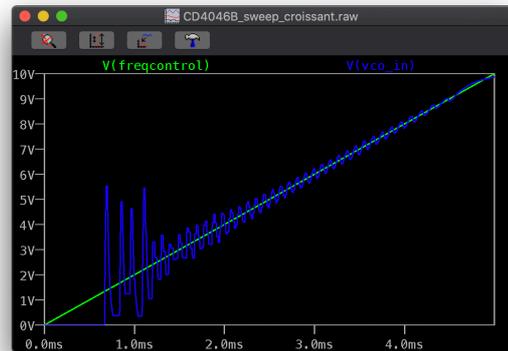
**Dans le fichier de simulation « CD4046B sweep croissant.asc » réaliser la simulation pour les deux comparateurs et pour les deux valeurs de la capacité  $C_2 = 10\text{ nF}$  et  $100\text{ nF}$  (la simulation est assez longue). Afficher dans la fenêtre graphique  $V(\text{freqcontrol})$  et  $V(\text{vco in})$ . Exporter les données au format texte (clic droit sur la figure puis File → Export data as text)**

À partir du fichier CD4046B\_sweep\_croissant.asc on réalise les quatre simulations pour  $C_2 = 10\text{ nF}$  et  $100\text{ nF}$ , et pour deux comparateurs. Les résultats graphiques sont montrés ci-dessous:

$C_2 = 100\text{ nF}$ , PC2



$C_2 = 10\text{ nF}$ , PC2



Puis on exporte les données au format texte.

Exemple des données de  $C_2=100\text{ nF}$ , PC2

```

time V(freqcontrol) V(vco_in)
0.000000000000000000e+00 1.022339e-08 2.359924e-09
3.051757793953030e-13 1.083374e-08 2.508593e-09
3.630956475935776e-13 1.094958e-08 2.537085e-09
4.789353839901258e-13 1.118126e-08 2.594674e-09
7.106148567832230e-13 1.164462e-08 2.710429e-09
1.173973802369418e-12 1.257134e-08 2.942781e-09
2.100691693541807e-12 1.442477e-08 3.406913e-09
3.774902034902178e-12 1.777319e-08 4.239623e-09
6.124286222757798e-12 2.247196e-08 5.394106e-09
9.905587739790629e-12 3.003456e-08 7.224476e-09
1.394687866559597e-11 3.811715e-08 9.145523e-09
2.022865295530943e-11 5.068069e-08 1.206753e-08
2.890863186401398e-11 6.804066e-08 1.599329e-08
4.626858968142307e-11 1.027606e-07 2.355984e-08
7.210283299464167e-11 1.544291e-07 3.427050e-08
1.202893998842878e-10 2.508022e-07 5.306821e-08
1.772259434888616e-10 3.646753e-07 7.380056e-08
2.606318808500914e-10 5.314872e-07 1.019472e-07
3.751968196329170e-10 7.606170e-07 1.376229e-07
5.703029053020966e-10 1.150829e-06 1.938246e-07
7.721726868391998e-10 1.554569e-06 2.484305e-07
9.344947766004582e-10 1.879213e-06 2.903046e-07
1.116782975749727e-09 2.243789e-06 3.358420e-07
1.393636002826270e-09 2.797495e-06 4.034880e-07
1.685406860716485e-09 3.381037e-06 4.736437e-07
1.924779670426641e-09 3.859783e-06 5.305241e-07
2.179559703533045e-09 4.369343e-06 5.905422e-07
2.518288935824803e-09 5.046801e-06 6.696404e-07
3.195747400408319e-09 6.401718e-06 8.264086e-07

```

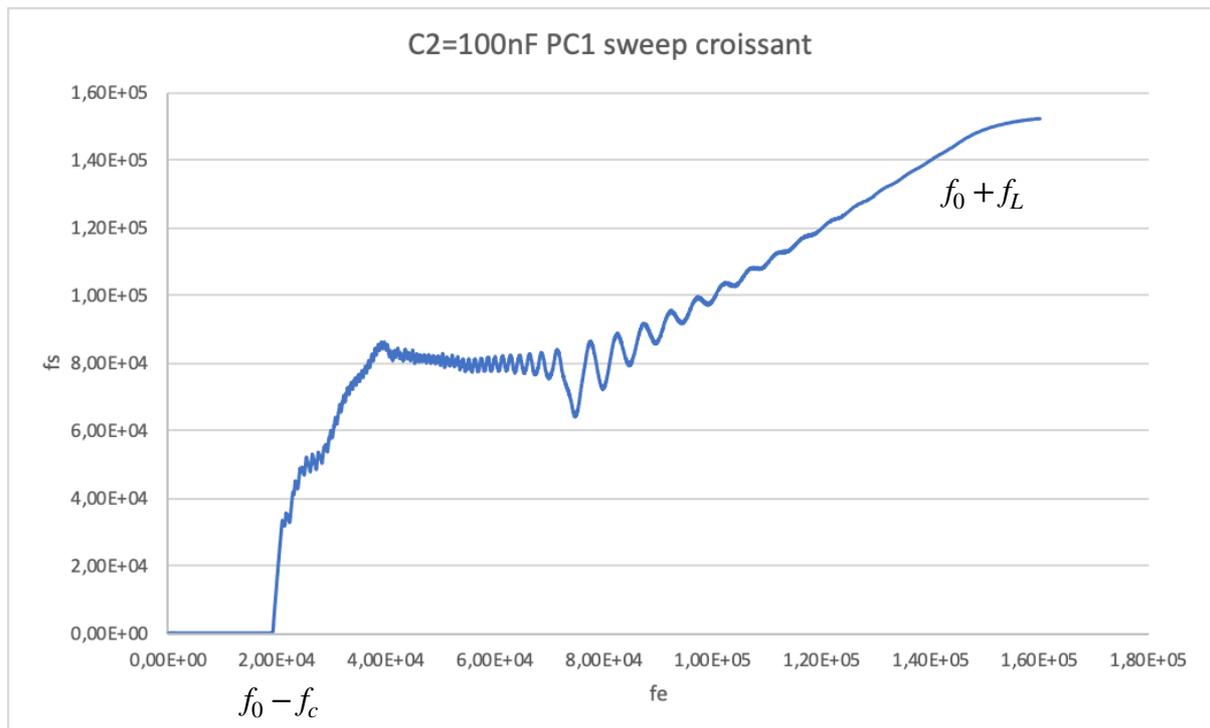
**Refaire les mêmes simulations pour un sweep décroissant en utilisant le fichier de simulation « CD4046B sweep décroissant.asc ». Exporter à nouveau les données au format texte**

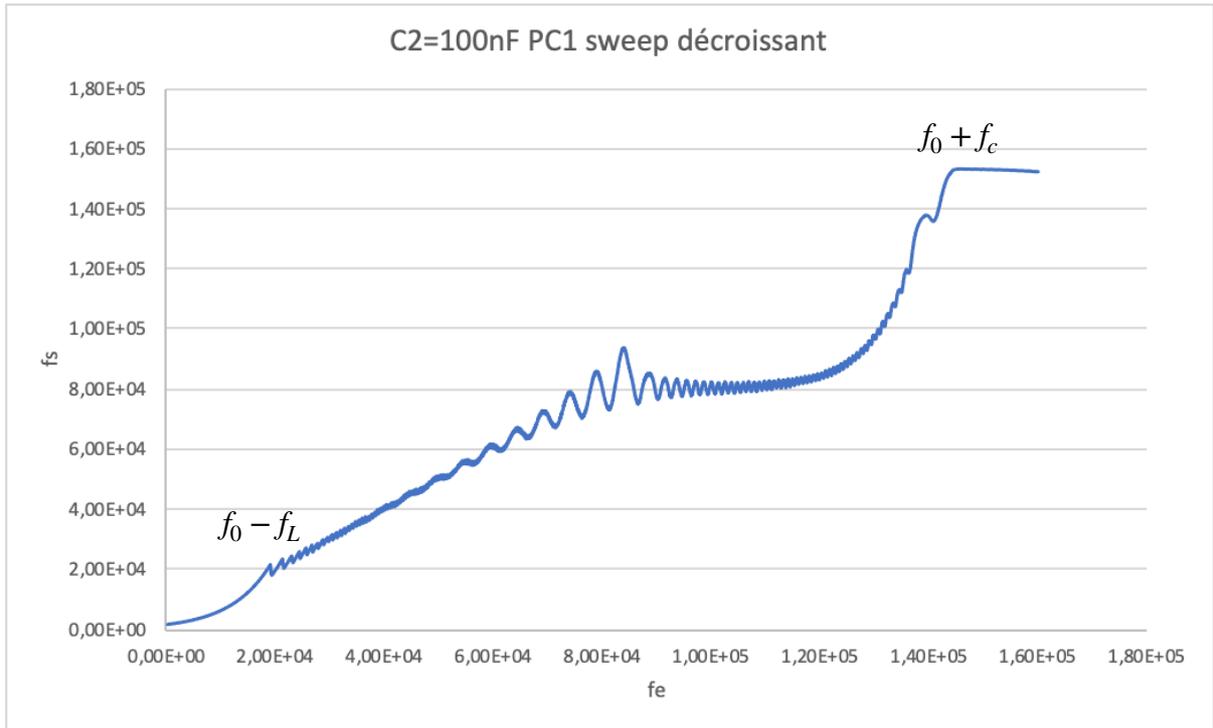
On effectue les mêmes processus pour le fichier CD4046B\_sweep\_decroissant.asc. Donc pas plus de détails ici.

**Importer les données enregistrées au format texte sous Excel (ou tout autre logiciel permettant de traiter de données). A l'aide de la caractéristique du VCO obtenue dans la partie 1, tracer pour chacun des 4 cas traités la courbe d'hystérésis  $f_s$  (en sortie du VCO) en fonction de  $f_e$  (fréquence du signal d'entrée). En déduire les plages de capture et de verrouillage de la PLL pour chacun des cas**

À l'aide de la caractéristique du VCO obtenue dans la partie 1, on a  $f_{VCO} = 15999,9V_1 + 1$ , donc on peut calculer  $f_e$  à partir de V(freqcontrol) et  $f_s$  de V(vco in). Voici les courbes de  $f_s$  en fonction de  $f_e$  générées par Excel pour les 4 cas:

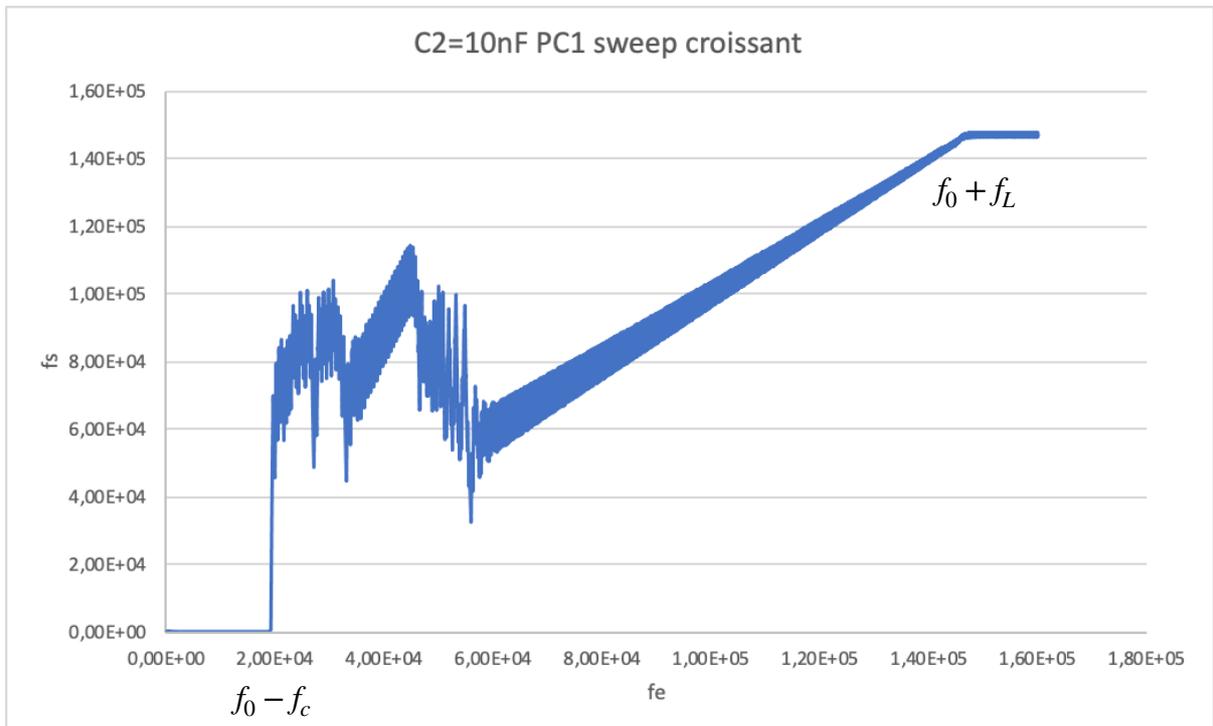
1.  $C_2=100\text{nF}$  PC1

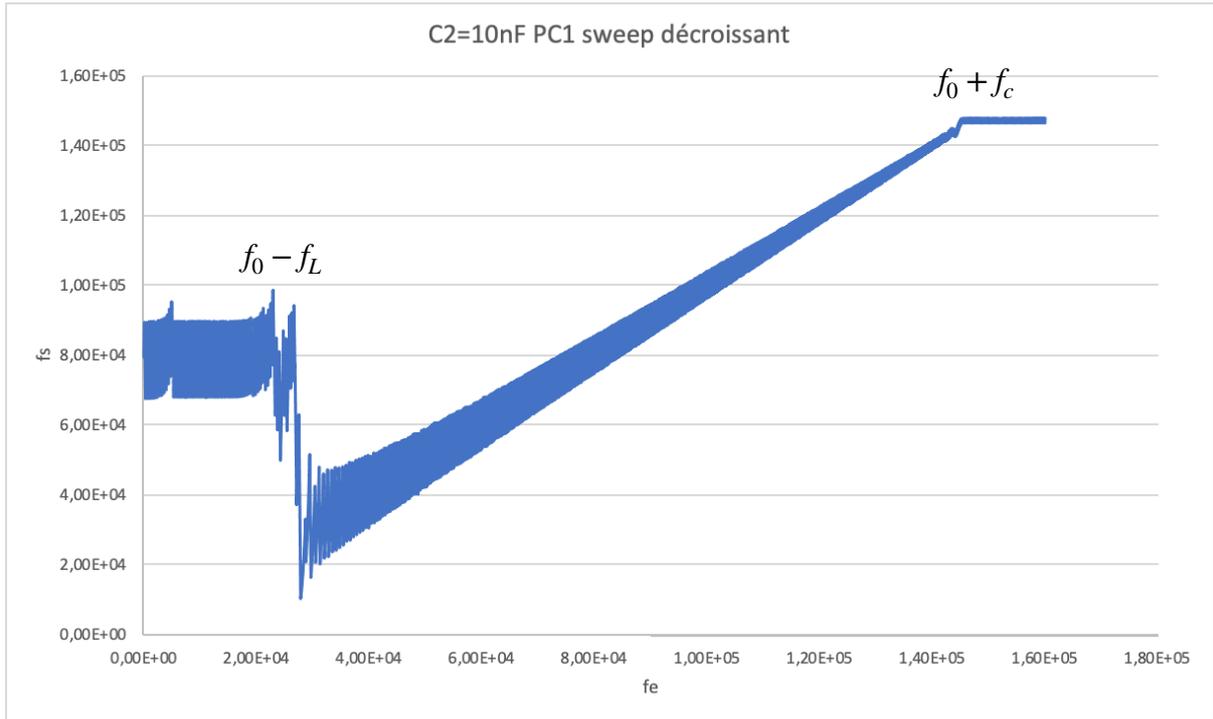




On peut mesurer de ces figures que la plage de verrouillage  $f_0 - f_L \sim f_0 + f_L$  est  $20\text{kHz} \sim 140\text{kHz}$ , et la plage de capture  $f_0 - f_c \sim f_0 + f_c$  est  $20\text{kHz} \sim 150\text{kHz}$ .

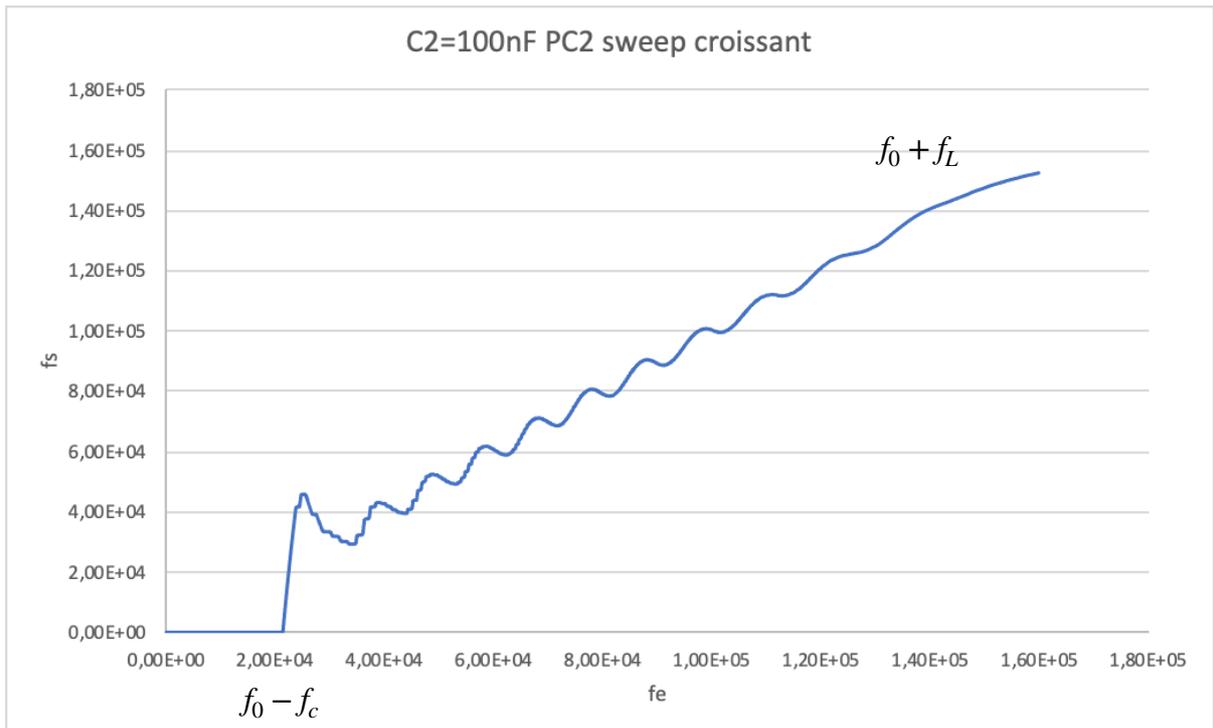
## 2. $C_2 = 10\text{nF}$ PC1

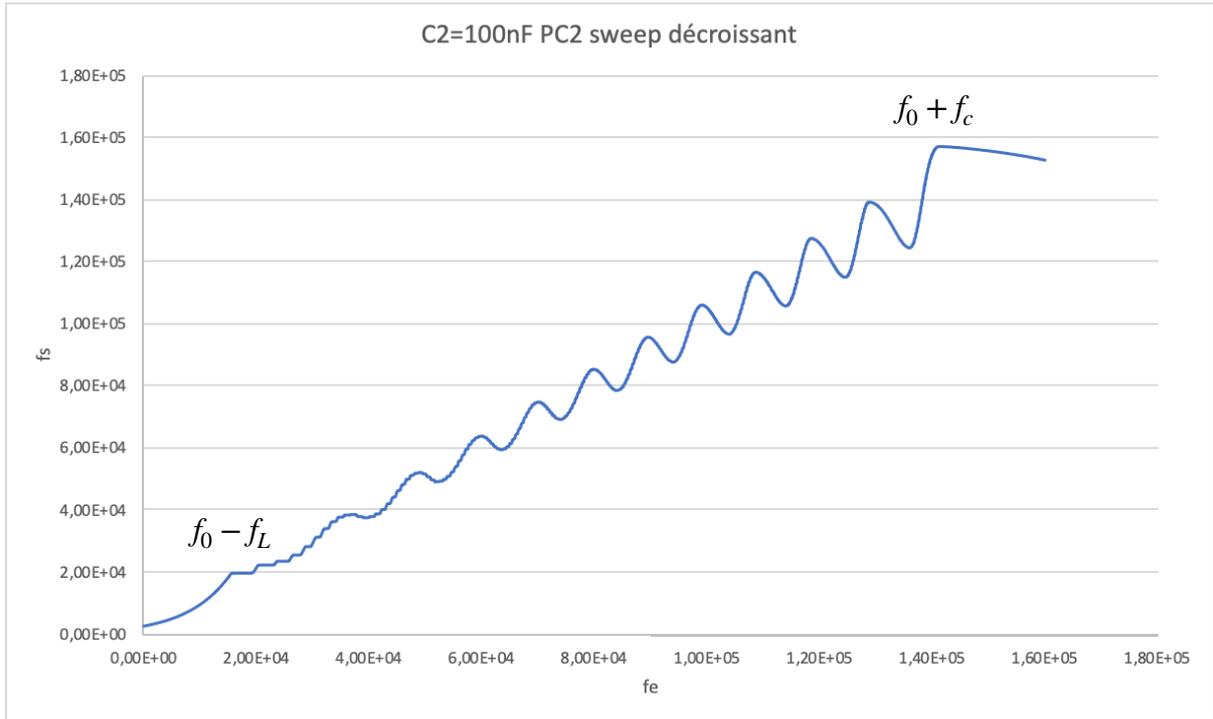




On peut mesurer de ces figures que la plage de verrouillage  $f_0 - f_L \sim f_0 + f_L$  est 20kHz~150kHz, et la plage de capture  $f_0 - f_c \sim f_0 + f_c$  est 20kHz~140kHz.

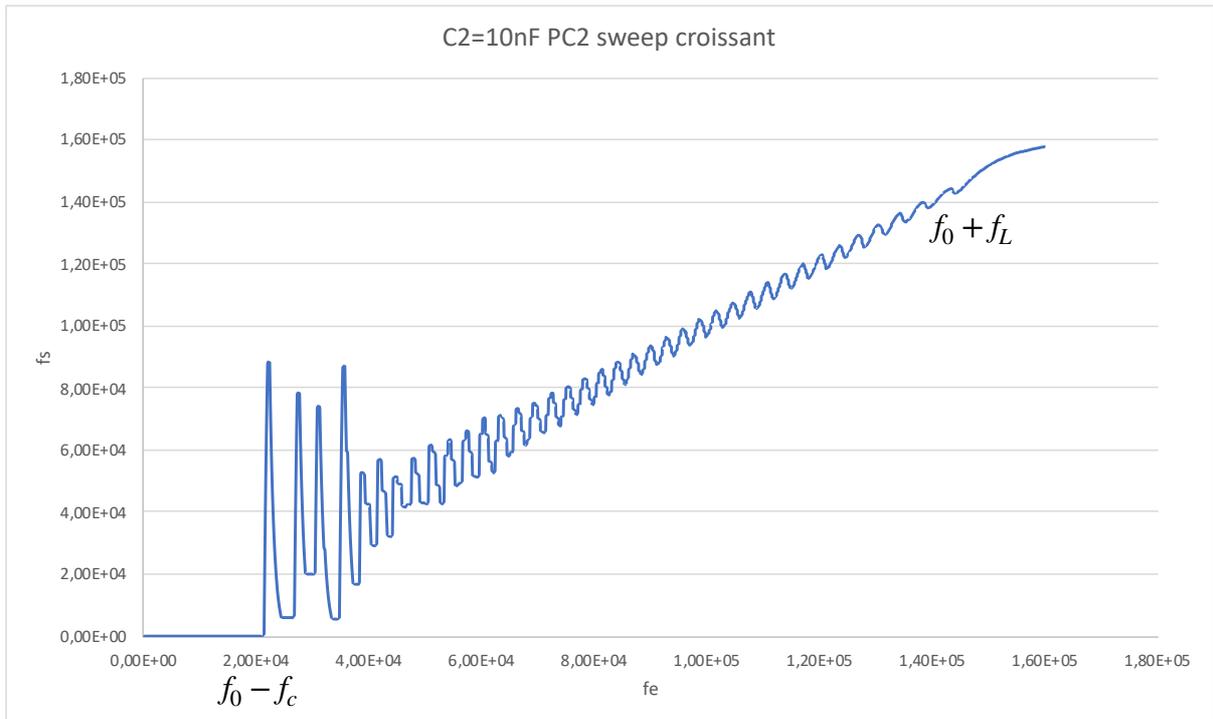
### 3. $C_2=100\text{nF}$ PC2

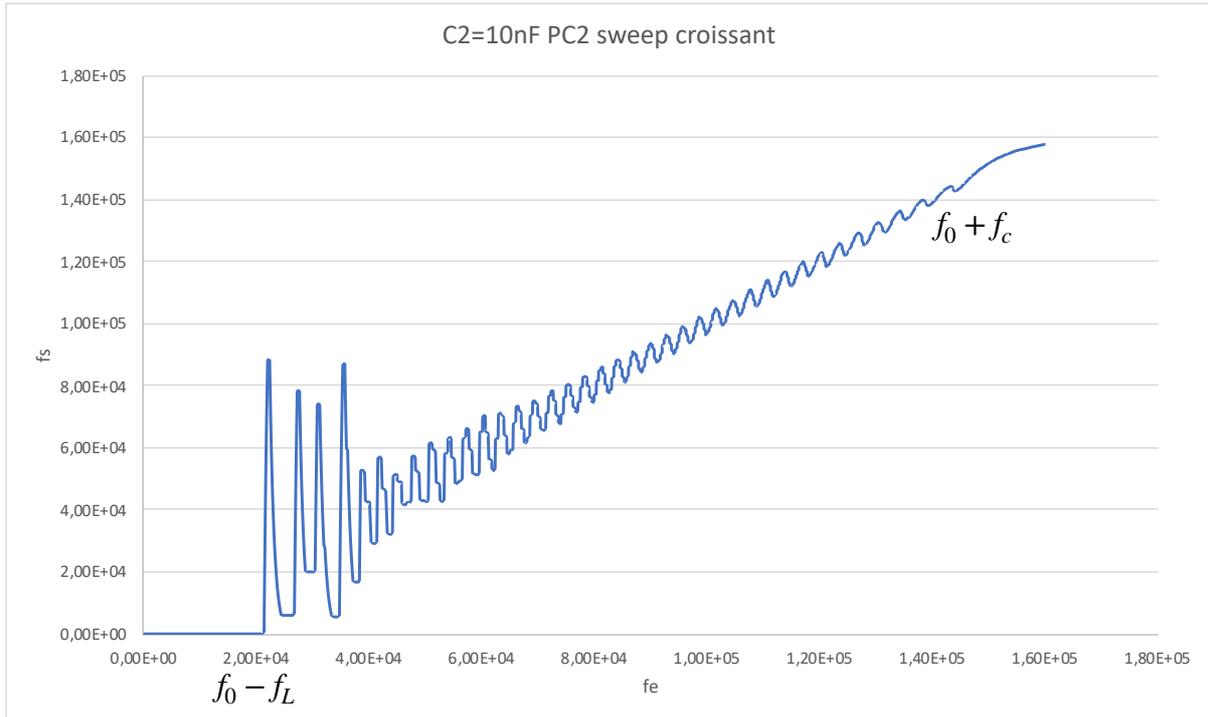




On peut mesurer de ces figures que la plage de verrouillage  $f_0 - f_L \sim f_0 + f_L$  est 20kHz~140kHz, et la plage de capture  $f_0 - f_c \sim f_0 + f_c$  est 20kHz~140kHz.

#### 4. $C_2 = 10\text{nF}$ PC2



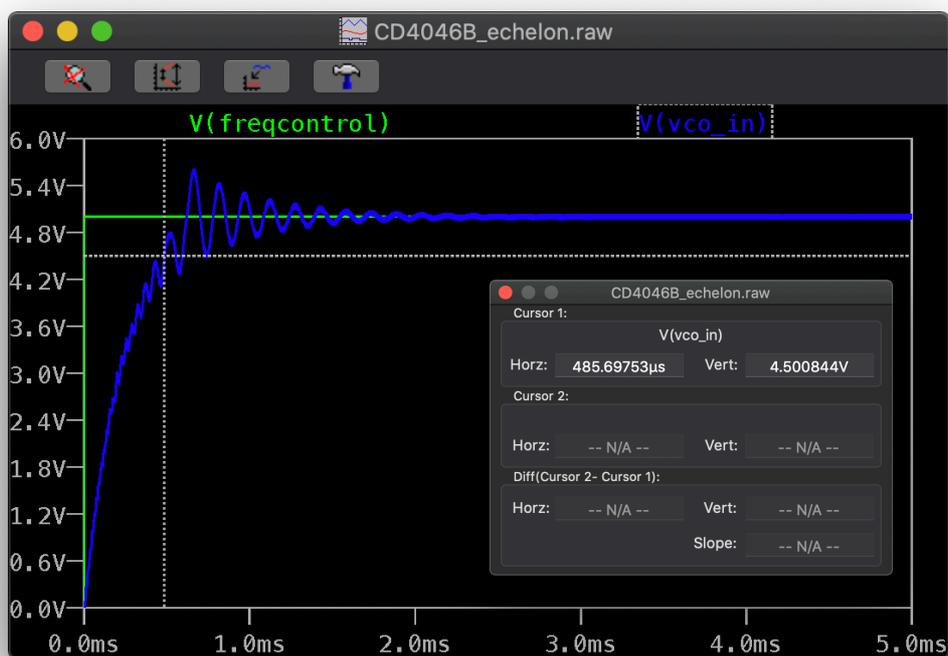


On peut mesurer de ces figures que la plage de verrouillage  $f_0 - f_L \sim f_0 + f_L$  est 20kHz~150kHz, et la plage de capture  $f_0 - f_c \sim f_0 + f_c$  est 20kHz~150kHz.

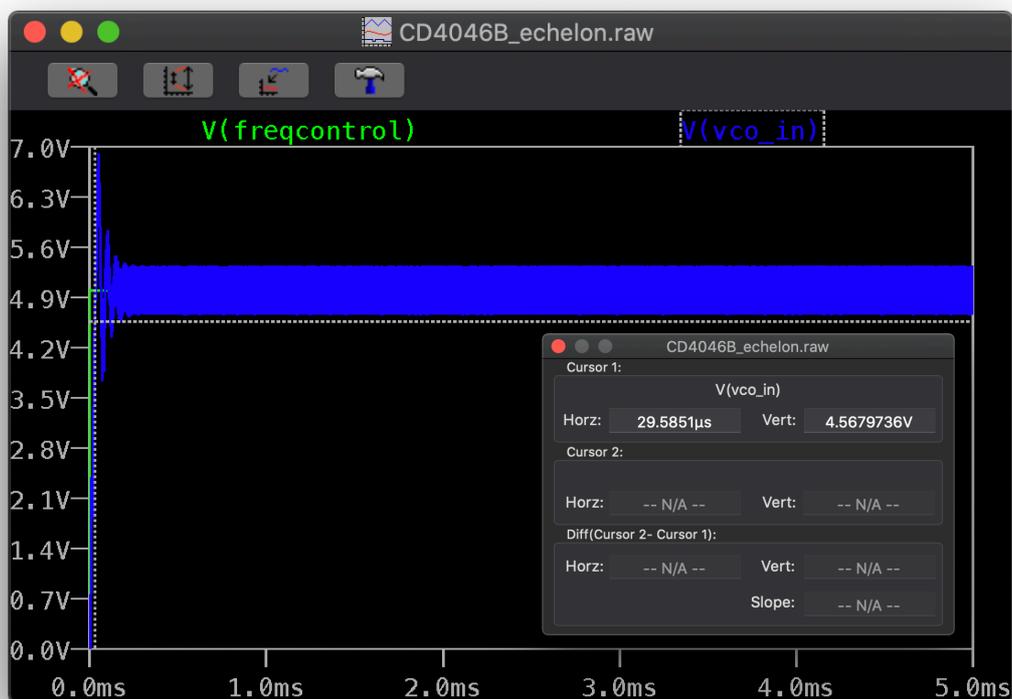
***Dans le fichier de simulation « CD4046B echelon.asc » réaliser la simulation pour les deux comparateurs et pour les deux valeurs de la capacité  $C_2 = 10 \text{ nF}$  et  $100 \text{ nF}$ . Afficher dans la fenêtre graphique  $V(\text{freqcontrol})$  et  $V(\text{vco in})$ . Mesurer sur  $V(\text{vco in})$ , pour chacun des cas traités, le temps nécessaire pour atteindre 90% de la valeur de  $V(\text{freqcontrol})$***

On fait les deux simulations pour  $C_2=100\text{nF}$  et  $10\text{nF}$ , et aussi pour deux comparateurs. Les résultats graphiques sont montrés ci-dessous:

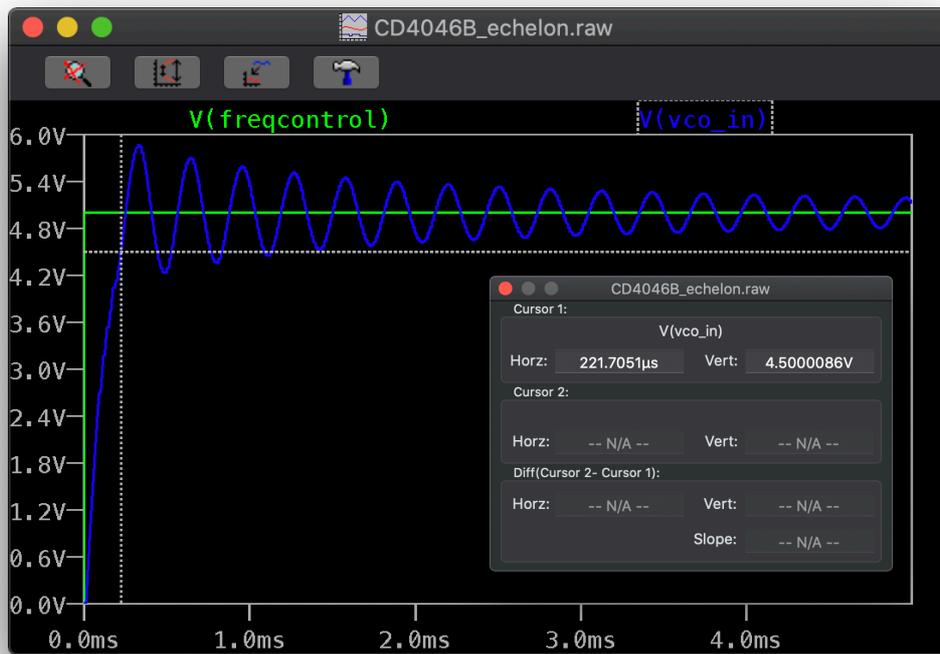
$C_2=100\text{nF}$  PC1



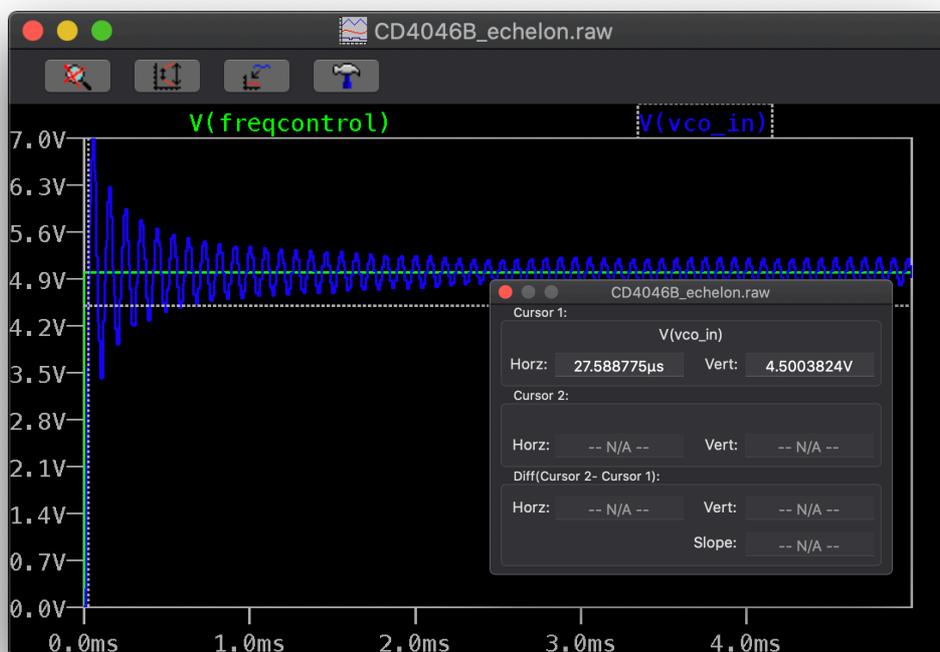
$C_2=10\text{nF}$  PC1



$C_2=100\text{nF}$  PC2



$C_2=10\text{nF}$  PC2



***Comparer les résultats obtenus à la question précédente aux temps caractéristiques des filtres utilisés***

On voit des figures que pour PC1, le temps de réponse est  $485,70\mu\text{s}$  pour  $C_2=100\text{nF}$ , et  $29,59\mu\text{s}$  pour  $C_2=10\text{nF}$ . Pour PC2, le temps de réponse est  $221,70\mu\text{s}$  pour  $C_2=100\text{nF}$ , et  $27,59\mu\text{s}$  pour  $C_2=10\text{nF}$ . Le temps caractéristique du filtre de boucle est  $R_3C_2 = 1800C_2$ , donc  $180\mu\text{s}$  pour  $C_2=100\text{nF}$  et  $18\mu\text{s}$  pour  $C_2=10\text{nF}$ , ce qui correspond aux valeurs obtenues des simulations.