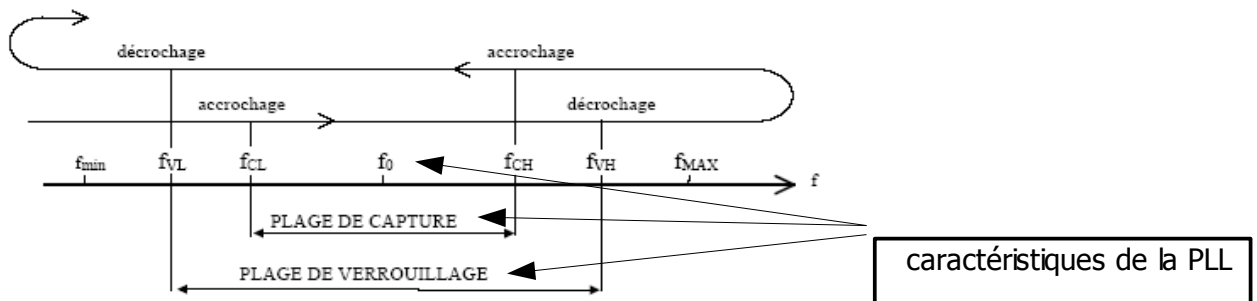


**TP n°4 : applications d'une PLL de type 4046
(démodulation de fréquence FM, modulation FM.**

→ **But du TP** : le but de ce quatrième TP de seconde année est l'utilisation de la boucle à verrouillage de phase 4046 déjà étudiée au précédent TP pour démoduler un signal modulé en fréquence notamment. On commence par mesurer les caractéristiques de la PLL utilisée et on étudie ensuite plusieurs applications de la PLL : démodulation d'un signal FM, création d'un signal modulé en fréquence. Enfin, on montre que la PLL peut éliminer un bruit blanc ajouté à un signal.

1) relevé des paramètres de la boucle à verrouillage de phase 4046.



On veut relever les trois paramètres essentiels de la PLL 4046 que vous allez utiliser, à savoir :

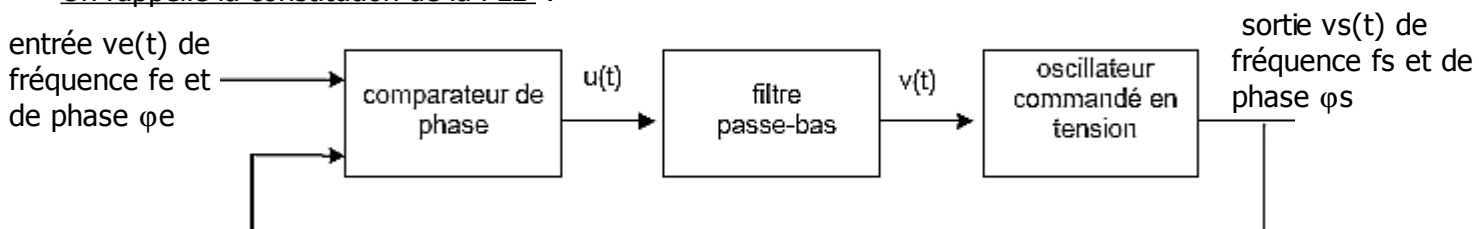
- la fréquence propre f_0
- la plage de verrouillage définie par F_{VL} et F_{VH} .
- la plage de capture définie par F_{CL} et F_{CH} .

Préciser sur votre compte-rendu la **méthode** utilisée pour trouver **chaque** paramètre et faites l'expérience décrite en donnant vos résultats. On utilisera le comparateur de phase 1 (annexe).

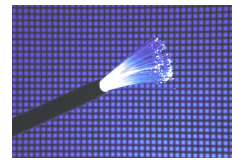
A l'intérieur de la plage de verrouillage, relever la caractéristique du VCO et donner la pente K_0 de cette caractéristique en se limitant au domaine linéaire autour de f_0 .

2) utilisation de ce composant pour démoduler un signal FM.

On rappelle la constitution de la PLL :



On place à l'entrée de la boucle un signal $v_e(t)$ modulé en fréquence, c'est-à-dire que sa fréquence f_e est de la forme : $f_e = f_0 + K \cdot s(t)$ avec $s(t)$ le signal modulant basse fréquence.



Rappeler la fréquence du signal de sortie $v_s(t)$ lorsque la boucle est verrouillée.
Le signal $v_s(t)$ peut-il être une image du signal modulant $s(t)$? Expliquer pourquoi.
En quel point de la boucle peut-on retrouver une image du signal $s(t)$?
Donner la condition sur la fréquence de coupure du filtre passe-bas par rapport à la fréquence maximale du signal modulant.

Manipulations : on utilise le générateur Agilent 33220A pour générer un signal FM de manière interne. On lira le mode d'emploi de ce générateur sur le répertoire classe et notamment les pages 79-84.

On rappelle que la porteuse se dit « carrier », le signal modulant « modulating waveform » et l'excursion maximale en fréquence Δf « frequency deviation » en anglais.

On veut créer un signal modulé en fréquence avec :

- porteuse carrée [0-10V] de fréquence f_0 (la fréquence propre de la PLL).
- signal modulant sinusoïdal de fréquence $F = 1$ kHz d'amplitude $\hat{S} = 1$ V.
- l'excursion maximale en fréquence $\Delta f = 10$ kHz.

Calculer l'indice de modulation m pour ce signal.

Visualiser ce signal sur l'oscilloscope et vérifier que son amplitude est bien constante et que sa fréquence varie.

Injecter ce signal à l'entrée de la PLL. Visualiser alors la tension à la sortie du filtre passe-bas et imprimer cette courbe sur votre compte-rendu. Vérifier qu'on retrouve bien le signal à la fréquence $F = 1$ kHz.

Augmenter la fréquence du signal modulant à $F = 7$ kHz et visualiser la tension en sortie du filtre. Noter le changement par rapport à l'expérience précédente.

Justifier ce changement en calculant la fréquence de coupure du filtre passe-bas R3C2.

3) utilisation du 4046 pour démoduler un signal FM noyé dans le bruit.

On veut créer un signal modulé en fréquence et prendre en compte le support de transmission en ajoutant un bruit.

On commencera par ajouter une séquence pseudo-aléatoire à distribution uniforme (bruit blanc uniforme dont le spectre donne une valeur constante)

On réalise ceci à l'aide du logiciel Labview et du VI « generateur_FM_bruit ».

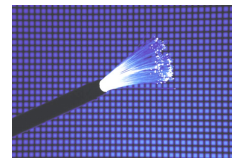
La copie de ce VI est donnée en annexe2.

Sur cette page, indiquer où se trouvent :

- le générateur qui crée le signal modulant.
- le générateur de bruit blanc.
- la modulation FM.

Sur la face avant du VI, on trouve plusieurs onglets :

- réglages des paramètres du signal modulant et porteuse + réglage du niveau de bruit.
- représentation temporelle du signal modulant + modulé.
- représentation temporelle du signal modulé sans le bruit et avec le bruit.
- spectre du signal modulé.



Le niveau de bruit est imposé à l'aide d'un curseur qui varie de 0 à 1 : on fait varier ainsi l'amplitude du bruit en pourcentage par rapport à l'amplitude du signal modulant.

Le rapport Signal/Bruit est indiqué.

On le calcule ainsi : $S/N = 10 \cdot \log(P_{\text{signal}}/P_{\text{bruit}}) = 20 \cdot \log(\text{ampl signal}/\text{ampl bruit})$

On veut créer le même signal modulé en fréquence que dans le paragraphe précédent :

- porteuse sinusoïdale de fréquence f_0 .
- signal modulant sinusoïdal de fréquence $F = 5$ kHz d'amplitude $\hat{S} = 1$ V.
- l'excursion maximale en fréquence $\Delta f = 10$ kHz.
- la fréquence d'échantillonnage est $F_e = 1$ MHz et $N = 10.000$ points.

Mettre le niveau de bruit à 0 et visualiser le spectre du signal FM.

Justifier la hauteur de la raie à f_0 et des raies 1 et 2 en se servant du tableau des fonctions de Bessel.

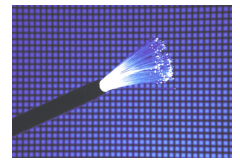
Donner la bande passante à l'aide de la règle de Carson et vérifier cette valeur sur le spectre.

i	$m=0,2$	$m=1$	$m=2$	$m=5$	$m=10$
0	0,99	0,765	0,223	-0,177	-0,245
1	0,099	0,44	0,576	-0,327	0,045
2		0,114	0,352	0,046	0,254
3		0,019	0,128	0,364	0,058
4		0,002	0,034	0,391	-0,219
5			0,007	0,261	-0,234
6			0,001	0,131	-0,014
7				0,053	0,216
8				0,018	0,317
9				0,005	0,291
10				0,001	0,207
11					0,123
12					0,063
13					0,029
14					0,012

Placer ce signal à l'entrée de la PLL et vérifier qu'on obtient bien le signal modulant à la sortie du filtre passe-bas. Imprimer cette courbe sur votre compte-rendu.

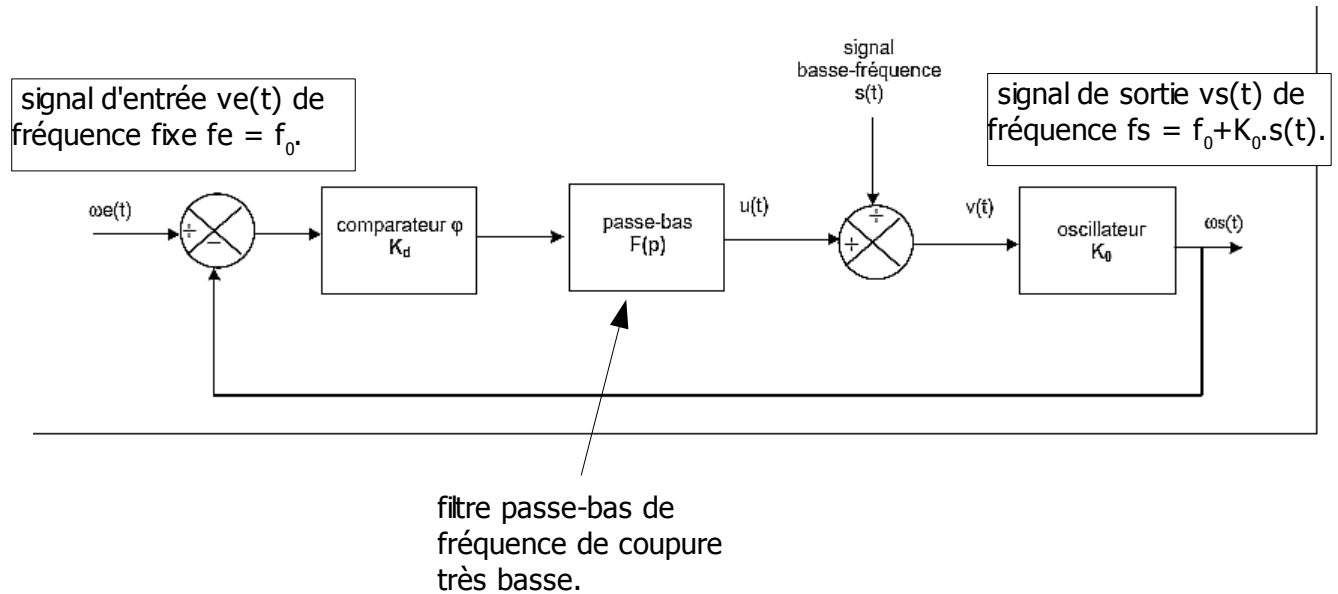
Augmenter le niveau de bruit. Vérifier avec l'onglet n°3 que le signal est bien dégradé.

Visualiser alors le signal à la sortie du filtre passe-bas. Commenter le résultat.



4) utilisation du 4046 pour générer un signal FM.

On veut générer un signal FM selon le schéma étudié en cours : synthèse d'un signal FM :



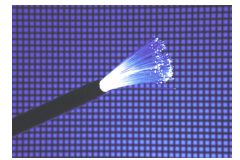
On se sert du VI « generation_FM » présent sur le répertoire classe qui propose deux générateurs (signal modulant et porteuse) sur les voies 0 et 1 (à définir).

Imposer un signal modulant à $F = 1$ kHz d'amplitude $S = 0,5$ V et une porteuse de fréquence f_0 proche de la fréquence propre de la PLL (mesuré au 1).

Modifier les valeurs de R3 et C2 pour obtenir un filtre passe-bas de fréquence de coupure 1 Hz environ.

A l'aide d'un AO, dessiner et câbler un montage additionneur.

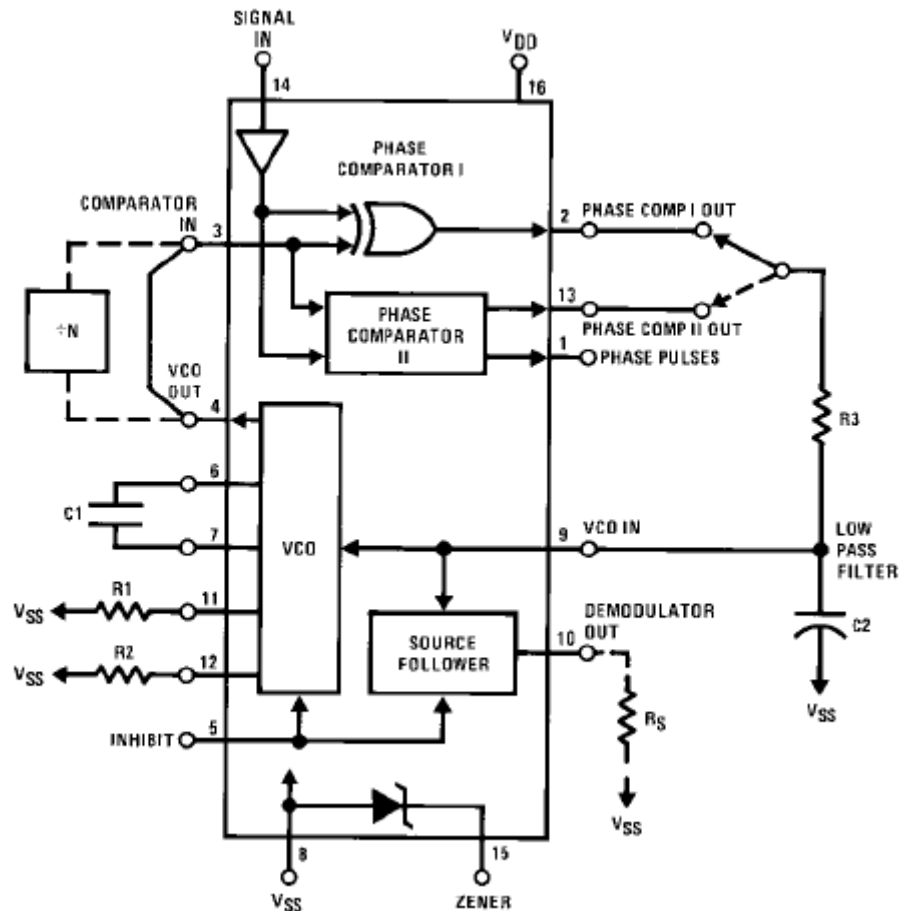
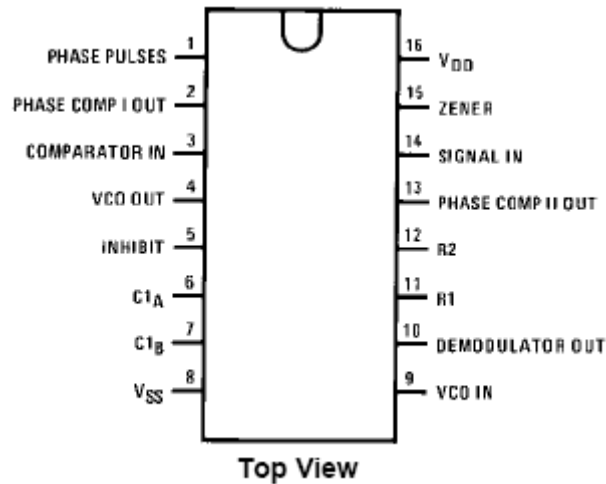
Visualiser le signal de sortie $v_s(t)$ et vérifier qu'on a bien généré un signal modulé en amplitude, grâce au VCO présent à l'intérieur de la PLL.



Annexe 1 : câblage du composant PLL4046.

Le fonctionnement du V.C.O. nécessite la présence de R1, R2 et C1.

On donne : $V_{dd} = 10\text{ V}$, $R1 = 10\text{ k}\Omega$, $R2 = 22\text{ k}\Omega$, $C1 = 1\text{ nF}$, $R3 = 10\text{ k}\Omega$ et $C2 = 10\text{ nF}$.



Annexe 2 : diagramme du VI « générateurFM_bruit ».

