

Boucle à verrouillage de phase

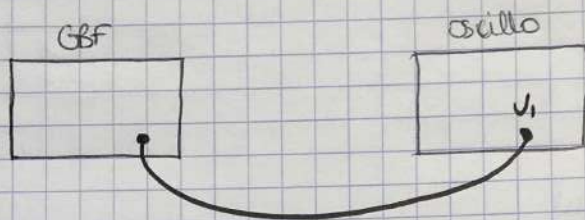
1) Montage:

• matériel:

- oscilloscope (DSO 1102G)
- GBF Keysight (33500B)
- plaquette JBD : 2x AO + 2x Mul
- VCO Thandau TG502 (PhE3, G. Thandau 4)
- alim +15; -15V.

2) Modulation en fréquence:

• montage:



• réglage GBF:

frequency = 30 kHz

amplitude = 1 V_{pp}

offset = 0

phase = 0°

Freq Dev = $\Delta f = 300 \text{ Hz}$

FM Freq = 100 kHz

* signal modulant: $e_m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$

* signal modulé: $e_p(t) = A_p \cos(2\pi f_p t + \beta \sin(2\pi f_m t))$

* indice de modulation: $\frac{\Delta f}{f_m}$

* déviation en fréquence Δf

* fréquence porteuse f_p

* fréquence modulante f_m

$$f = f_c + \Delta f \cos(2\pi f_m t)$$

↑
frequency

• FFT: on a un signal qui varie entre $f_c + \Delta f$ et $f_c - \Delta f$. \approx autour de 30 kHz.

Critère de Shannon: $f_c \gg 2 \times 30 \text{ kHz}$.

⚠ Mettre la FFT en dB!

Pour la mesure de puissance :


201,8 mV
100,84 mV

100% = Σ de tous les pics en V

conversion : $V_{eff} = 10^{\frac{LdB}{20}} \times (1V)$

→ ne mesure qu'un côté (pics 0 ; +1 ; +2 ... seulement par exemple)

→ bien zoomer sur le haut du pic

→ fenêtre = 

En préparation :

on fait varier Δf : valeurs prises = 100Hz ; 500Hz ; 1000Hz ; 1500Hz ; 2000Hz.

Et on utilise la macro Tgsr.

En direct :

On fait pour $\Delta f = 300$ Hz et on mesure direct sur oscilloscope.

Sur le fichier Tgsr → je n'ai fait en préparation les mesures avec la macro, que pour $\Delta f = 100$ Hz et $\Delta f = 500$ Hz.

3) Démodulation en fréquence : comparateur de phase :

• montage :

On envoie 2 signaux sinusoidaux proches de 100Hz en entrée du multiplexeur.
y'en a pas les 2 faux à 100Hz

On prend $R = 1k\Omega$ et $C = \frac{100nF}{200mF}$ → et marche bien.

$$G = RC = \frac{1}{\omega} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi RC}$$

L'objectif de l'étude du comparateur de phase est de montrer que lorsque l'on fait varier la phase d'un signal par rapport à l'autre, on voit la valeur moyenne du signal de sortie qui évolue comme un cosinus.

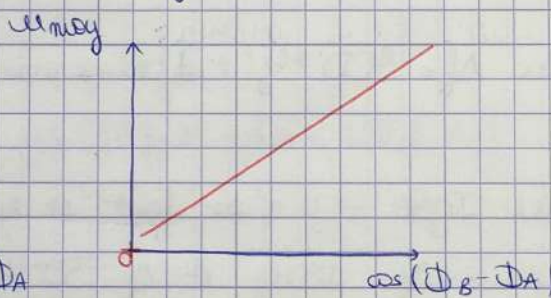
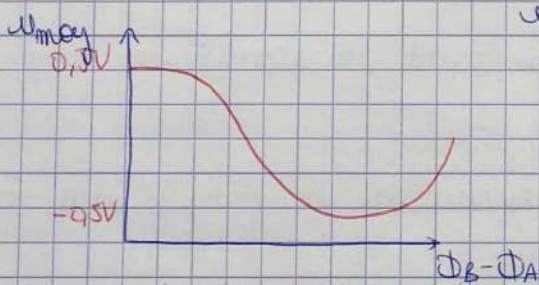
• protocole:

→ régler les paramètres: $f = 100 \text{ kHz}$
 $A = 6 \text{ Vpp}$

→ réglage de la phase (cf cahier TPL3)

→ conseil = trigger externe. A venir!

On trace $u_{\text{moy}} = f(\Phi_B - \Phi_A)$ et $u_{\text{moy}} = f(\cos(\Phi_B - \Phi_A))$.



⇒ conclusion: le signal est
 borné entre $+0.5 \text{ V}$ et -0.5 V

puisque $A = 6 \text{ Vpp}$

on a étudié la VCO sur cette page

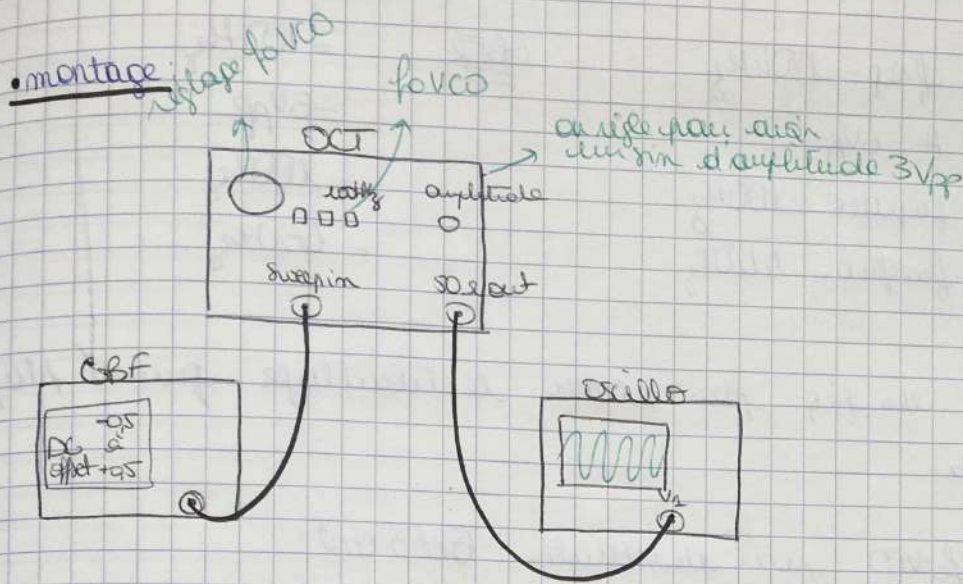
⚠ Sois vigilant quand on calcule $\cos \Phi$, penser à mettre Φ en rad !

4) Démodulation en fréquence: Oscillateur Commandé en Tension (OCT = VCO)

OCT délivre une fréquence:

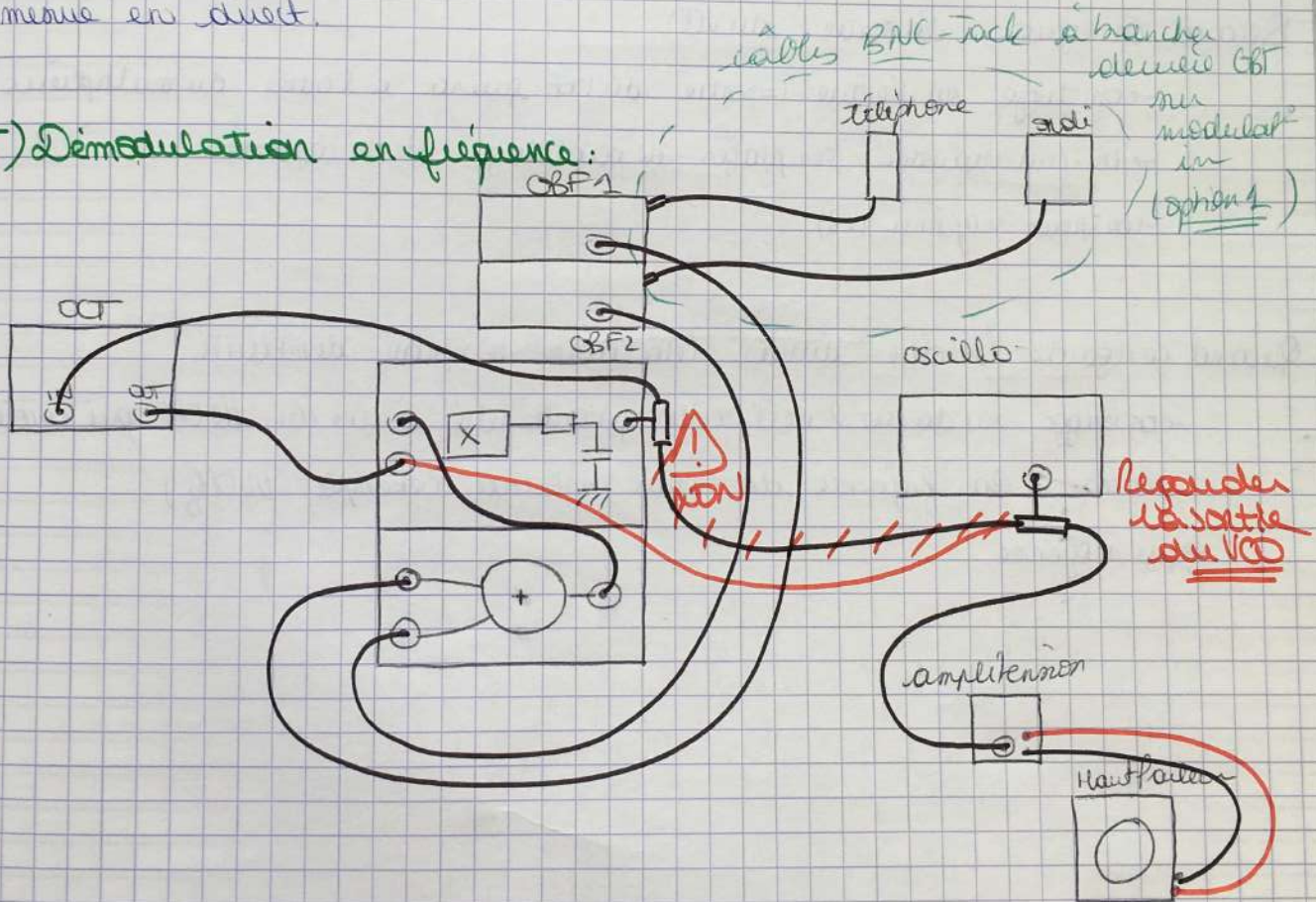
$$f = f_0 + K_v s(t)$$

↑
 tension du signal modul.



⚠ Quand le signal d'entrée est à 0V, mettre une mesure automatique de fréquence pour avoir un aperçu direct de f et pouvoir re-régler avant la mesure en direct.

5) Démodulation en fréquence:



option 2: faire modulation interne et mettre F_m fixe à 660Hz (le)

⚠ On regarde la sortie du VCO pour étudier les plages de capture et de verrouillage

MAIS on regarde la sortie du comparateur de phase pour voir le signal démodulé.

param GBF1: $f_{rep} = 180\text{kHz}$
 $A = 6V_{pp}$

GBF2 = 180kHz
= $6V_{pp}$

à changer si on
au HP pour → $f_{rep} = 180\text{kHz}$
 $f_{m\text{freq}} = 44\text{kHz}$

= 180kHz
= 660Hz

On peut : rapprocher les fréq pour monter le découplage quand plages confondues.

→ tourner f_0 VCO pour démoduler GBF1 ou 2.

→ monter les FFT.

Quand on regarde la sortie du VCO:

→ on lit sur l'entrée (= sortie du GBF qui va à l'entrée du multiplieur)

→ on peut regarder les plages de réajustage et de capture.

→ on peut moyenner ($\times 8$)

Quand on regarde l'entrée du VCO. Cela donne le signal démodulé

→ on lit sur la voie 2 de l'oscillo qui a été relié à l'entrée de GBF qui envoie un sinus à la fréquence du signal modulé (exemple : 44kHz).

→ on moyenne.

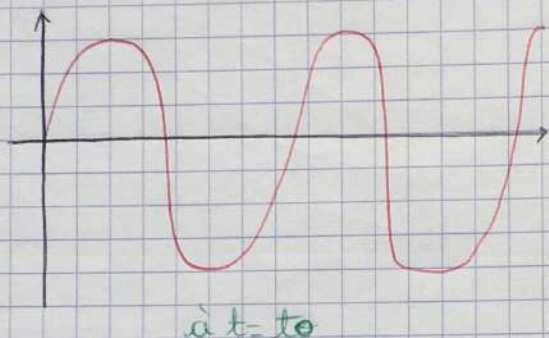
Modulation de fréquence
frequency

$$f = f_c + \Delta f \cos(2\pi f_m t)$$

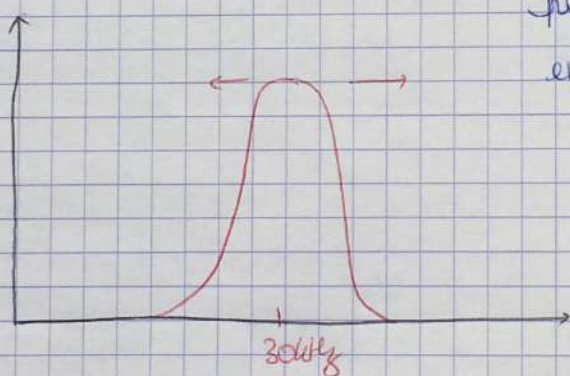
→ on observe un signal qui a une fréquence qui varie de $f_c + \Delta f$ à $f_c - \Delta f$
à une fréquence f_m .

pour $\Delta f = 1\text{Hz}$;

→ c'est ce qu'on observe dans le domⁿ temporel.



En domⁿ fréquentiel :



pic large qui varie
entre 29 et 31 kHz.

pour $\Delta f = 1\text{kHz}$;

Remarques sur la FFT de l'oscillo :

→ chaque éch. éch. à 500 pts mais FFT ne prend que 62 500 pts (séch. éch. éch.)

Donc pour avoir une tr^{ce} ⊕ résolu, il faut rajouter des données sur T_{g₀₀}.

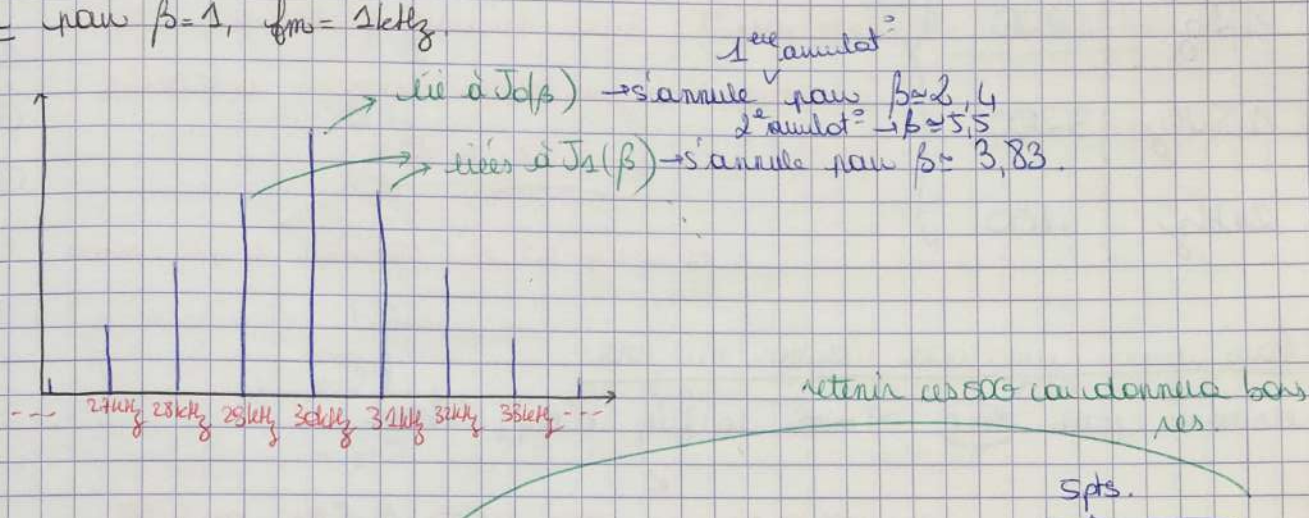
→ TROUVER LA FREQ. D'ÉCH. sur oscillo 2^{es} éch. → pas donnée direct^e, aller ds

2^e page du menu FFT → auto scale ⇒ span = $\frac{1}{2} F_{ech}$

Quand on fait varier $\beta = \frac{\Delta f}{f_m}$ en faisant varier Δf , on observe des annulations des pics liés ici aux zéros de la fonction de Bessel.

Rq: m si le pic n'est pas à 0 mais très faible \rightarrow car on est en dB.

Spectre obtenu pour $\beta=1$, $f_m=1\text{kHz}$.



Recherche de la bande de Carson: à $f_m=100\text{Hz}$ pour Δf allant de 100Hz à 2kHz

à la main:

$$= (V_{\text{eff pic } n=1})^2 + 2(V_{\text{eff pic } n=2})^2 + 2(V_{\text{eff pic } n=3})^2 + \dots$$

par $\Delta f \neq f_m$

sera difficile

\rightarrow ce qu'on mesure sur l'oscillo.

$= 10 \left(\frac{L_{dB}}{20} \right) \times (1V)$

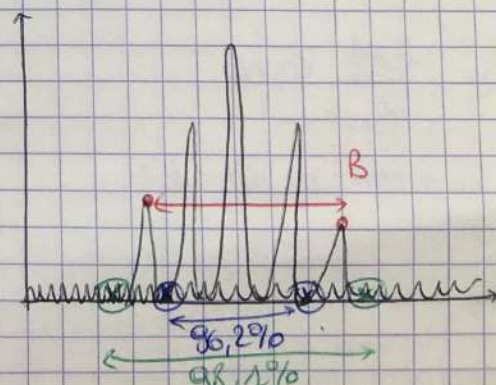
avec l'GB: avec la fonction puissance relative \rightarrow quid déphase 98% du signal

$$2000 - 100 = 1900 \quad \frac{19}{10}$$

$$100\text{Hz} - 500\text{Hz} - 1\text{kHz} - 1,5\text{kHz} - 2\text{kHz}$$

pour mesure de la puissance:

- mettre curseurs dans le bruit
- pour la bande:
- mettre curseurs en haut de pics



$\Delta f =$	$B =$	$B_{th} = 2(\Delta f + f_m)$
100Hz	400	$\left. \begin{array}{l} \text{tout est } \oplus \text{ OK avec la th\'eorie.} \\ \text{de gain } T, \text{ trace la courbe graphiq. avec } 100\% \\ \text{puis devant le jury montrer une mesure avec oscillo} \\ \text{pour } \Delta f = 100\text{Hz} \text{ et } 500\text{Hz} \\ \text{et il n'y ait pas beaucoup de pts. \u00e0 mesurer.} \end{array} \right\}$
500Hz	1200	
1kHz	2200	
1.5kHz	3200	
2kHz	4200	

Pour avoir une bonne r\'esolution sur 1601:

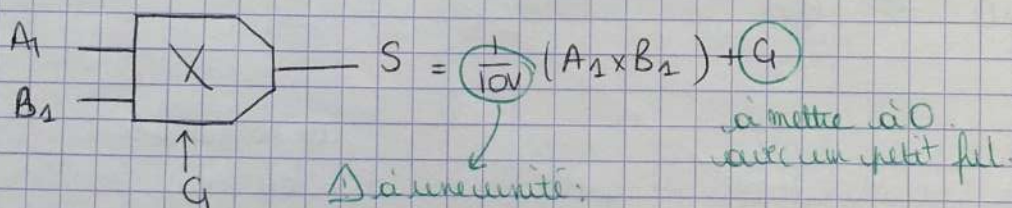
ds menu prob BACK \rightarrow mettre la freq d'acq, $2 \times f_{max}$

configurer acqurir tous les pts de l'acq. pour la FFT

\rightarrow se fait avec une plaquette sp\'eciale.

B. Boucle \u00e0 verrouillage de phase:

- comparateur de phase:



$$S = \frac{kAB}{2} \left(\cos(2\omega_0 t + \Phi_A + \Phi_B) + \cos(\Phi_B - \Phi_A) \right).$$

\u00e0 200 Hz sur la porte

seul ds la valeur moy de S

Donc on regarde l'\'evlnt de $\langle S \rangle$ en fonction de $\Delta\Phi = \Phi_B - \Phi_A$, on s'attend \u00e0:

$$\langle S \rangle = \frac{kAB}{2} \cos \Delta\Phi$$

permettra de d\'et k !

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \rightarrow = 0$$

(S)



N-cycles \rightarrow sur un 16 bits de cycles
à parallèle

0	2,8
20	5,5
40	10,4 8,5
60	11,0 10,4
80	11,0
100	10,4
120	8,4
140	5,4
160	1,7
180	-2,2
200	-5,9
220	-8,9
240	-10,8
260	-11,5
280	-10,8
300	-8,8

0,1

Donc envoyé idem sin en
entrée donc à un sinus
et pas.

$$K = \frac{1,5 \times 1,5}{2 \times M} = 0,18$$

$$\Rightarrow \frac{1}{M} = 0,16$$

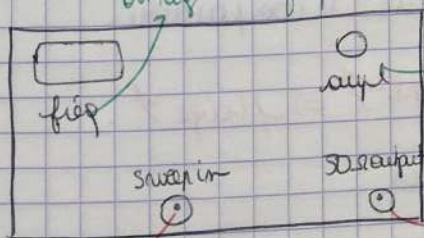
Ajout du filtre passe-las: $R = 1k\Omega$ et $C = 100nF$.

On obtient un signal continu. Or quand on change $\Delta\Phi$ valeur varie à un cos.

VCO: avec standard.

on règle la fréquence centrale du VCO

paramètres:



on règle l'amplitude 3V

sortie du VCO.

entrée du VCO

On envoie une entrée continue.

On trace la tension en entrée (de 0,5V à 0,5V) en fait de la
fréq: coeff directeur $\Rightarrow K_0 = -15,3 \text{ V/Hz}$
 $= 65,4 \text{ kHz/V}$

Plage de capture: On part de $f_e \oplus$ de f_0 et on se rapproche.
^{la @ gde} ^{fréq centrale du VCO}

Cette plage dépend de la fréquence de capture du filtre car,
sans un filtre passe bas d'ordre 1 qui coupe des fréquences
si $\Delta\phi$ trop grand \Rightarrow ça sera capé

Quand on se rapproche, $\Delta\phi$ aura une tension assez grande puisqu'il y ait
une amplitude, et une durée de transition assez grande puisque
ça passe dans le système bouclé et donc que $f_e \rightarrow f_0$.

[97,3 kHz ; 106,0 kHz]

se sent en quadrature.

$R, C \uparrow \Rightarrow$ plage \downarrow

Plage de verrouillage: On part de $f_e = f_0$ et on éloigne f_e .
^{la @ gde}

Le déverrouillage a lieu quand les signaux s'éloignent de la phase ou de
l'opposition de phase.

Coupled on s'approche de ça le comparateur de phase ne pourra \oplus envoyer
 \oplus de tension.

\hookrightarrow donc si on veut augmenter la plage de verrouillage
on \uparrow l'amplitude du signal d'entrée.

Il faudrait \oplus de tension que ce qui peut produire le comparateur
de phase.

[95,0 kHz ; 108,2 kHz]. $\text{ampl} \uparrow \Rightarrow$ plage \uparrow .

Quand $f_e = f_0$ qui est $\approx 2 \rightarrow 1$ ne change pas
 $f_e \neq f_0 \rightarrow 1$ large!

Il faudra fatiguer un peu la phase de verrouillage compense la bande de Carson du signal en entrée

↳ montage pas trop dans incertitudes

plutôt estimer pouvoir, calculs par conséquent un système qui marche et mène à marche

↳ les mesures faites doivent être inépuisables!

Démodulat: ligne entrée du VCO

On envoie un signal modulé: $f_m = 100\text{Hz}$, $\Delta f = 1\text{kHz}$, $f_c = 100\text{kHz}$.
et on doit jeter l'allume!
↳ linéaire Δf ne pas perdre après l'entrée qui sera à 6Vpp niveau à peu près
- Shape
- Square

• Pense à taper sur une est avec synchronisme GBF (car on veut ensuite multiplier à f_c et synchronisme GBF à f_c).

• Peut mesurer

• On a des signaux moches!

(Poste radio = on change fréquence centrale du VCO)