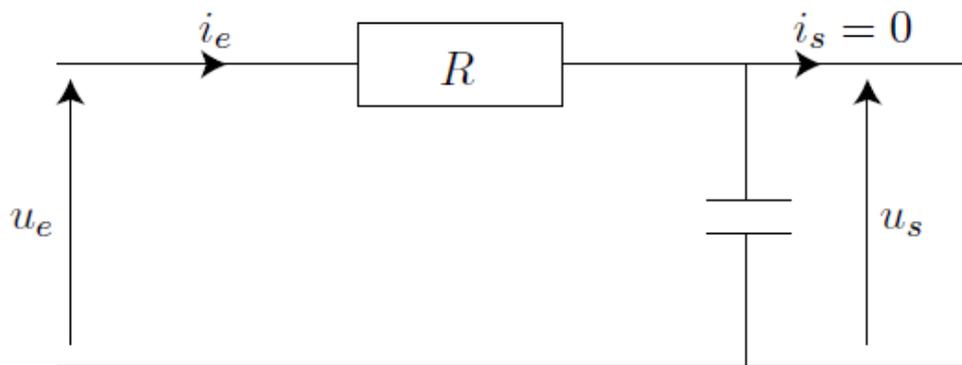


_filtre passe-bas du premier ordre

Un filtre en électrocinétique ne laissera passer que certains signaux sinusoïdaux caractérisés par une pulsation ω .

A l'entrée du filtre, on applique par exemple une tension de pulsation ω , si à la sortie du filtre, la tension n'est pas trop atténuée, on considère que le filtre laisse passer la pulsation ω , si au contraire, la tension est très atténuée, on considère que le filtre ne laisse pas passer la pulsation ω .

Un filtre passe bas laisse passer les pulsations inférieures à une pulsation ω_c .



L'impédance du condensateur vaut

$$\underline{Z}_C = \frac{1}{jC\omega}$$

Si $\omega \rightarrow 0$ alors $\underline{Z}_C \rightarrow \infty$ (refaire le schéma en supprimant la branche contenant le condensateur) et $\underline{U}_s \rightarrow \underline{U}_e$.

Si $\omega \rightarrow \infty$ alors $\underline{Z}_C \rightarrow 0$ (refaire le schéma en remplaçant la branche contenant le condensateur par un fil) et $\underline{U}_s \rightarrow 0$.

On peut donc déjà dire que le filtre transmet les signaux de basse fréquence et atténue ceux de haute fréquence d'où la dénomination de *filtre passe-bas*.

• Fonction de transfert

La fonction de transfert est définie par

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{U_s}{U_e}$$

$$\frac{U_s}{U_e} = \frac{1}{R + \frac{1}{jC\omega}} = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

en posant $\omega_0 = \frac{1}{RC}$

• Diagramme de Bode - Pulsation de coupure à -3dB

- Représentation de la courbe de gain

Le module de la fonction de transfert est appelé gain

$$H(\omega) = |\underline{H}(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

expérimentalement $H(\omega) = \frac{U_{sm}}{U_{em}} = \frac{U_s}{U_e}$ (oscilloscope ou multimètre)

On définit le gain en décibel

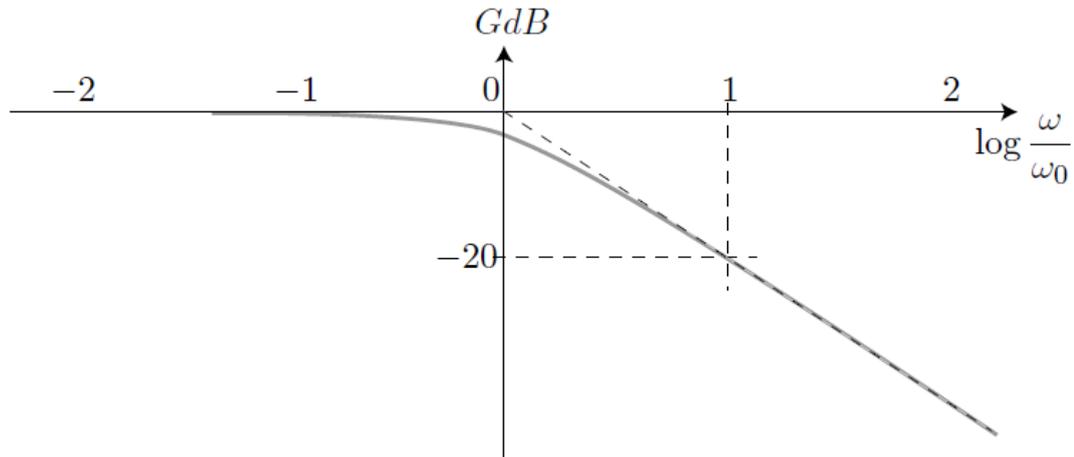
$$G_{dB} = 20 \log |\underline{H}(j\omega)|$$

$$= -10 \log \left(1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 \right)$$

On représente le gain en décibel non pas en fonction de $\frac{\omega}{\omega_0}$ (ou ω ou f) mais en fonction de $\log \frac{\omega}{\omega_0}$ (la plage de fréquence pouvant s'étendre de quelques Hz à 10^6 Hz et plus)

Si ω petit devant ω_0 alors $G_{dB} \simeq 0$

Si ω grand devant ω_0 alors $G_{dB} \simeq -20 \log \frac{\omega}{\omega_0}$ droite de pente $-20 dB$ par décade ce qui signifie que si ω est multiplié par 10, $\log \frac{\omega}{\omega_0}$ augmente de 1 et G_{dB} diminue de $20 dB$



Les deux asymptotes se coupent pour $0 = -20 \log \frac{\omega}{\omega_0}$ c'est à dire pour $\omega = \omega_0$; pour $\omega = \omega_0$, $H(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ et $G_{dB} = 20 \log \frac{1}{\sqrt{2}} \simeq -3 dB$. ω_0 est appelé pulsation de coupure à $-3 dB$ et noté ω_c .

La **pulsation de coupure** à $-3 dB$ du filtre est par définition la pulsation telle que

$$G_{dB}(\omega_c) = -3 dB$$

les signaux de pulsations $\omega < \omega_c$ sont transmis en sortie avec une atténuation inférieure à $3 dB$;

les signaux de pulsations $\omega > \omega_c$ sont transmis en sortie avec une atténuation supérieure à $3 dB$;

Idéalement on considérera que le filtre laisse passer une pulsation ω si l'atténuation en sortie est inférieure à $3 dB$.

La **bande passante** de ce filtre, c'est à dire l'ensemble des pulsations qu'il laisse passer, est donc $[0, \omega_0]$.

- Représentation de la courbe de phase

L'argument de la fonction de transfert est appelé **phase**

$$\boxed{\varphi(\omega) = \arg \underline{H}(j\omega)}$$

$$= 0 - \arg\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_0}\right) = -\arctan \frac{\omega}{\omega_0}$$

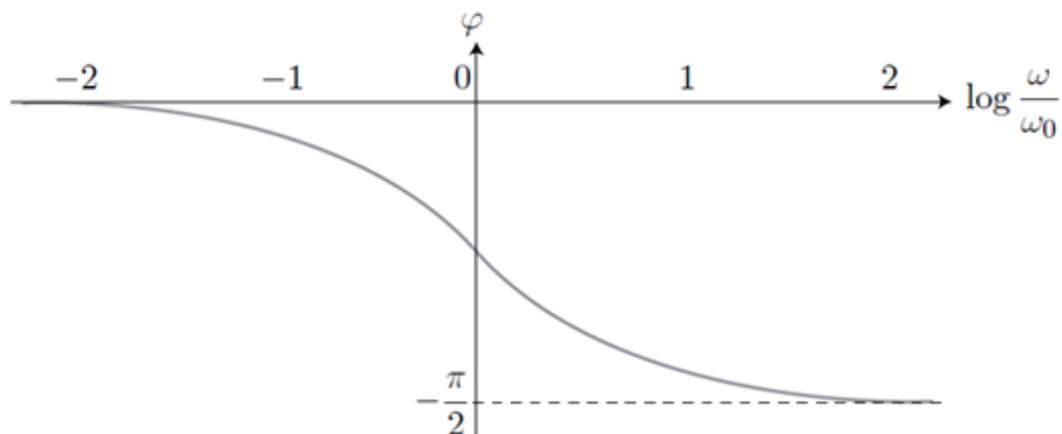
expérimentalement $\varphi(\omega) = \varphi_s - \varphi_e$ (oscilloscope)

On représente la phase non pas en fonction de $\frac{\omega}{\omega_0}$ (ou ω ou f) mais en fonction de $\log \frac{\omega}{\omega_0}$ (la plage de fréquence pouvant s'étendre de quelques Hz à $10^6 Hz$ et plus)

Si ω petit devant ω_0 alors $\varphi \simeq 0$

Si ω grand devant ω_0 alors $\varphi \simeq -\frac{\pi}{2}$

Si $\omega = \omega_0$ alors $\varphi = -\frac{\pi}{4}$



Pour $\omega = 0,1\omega_0$, $\varphi = -6^\circ$

Pour $\omega = 10\omega_0$, $\varphi = -84^\circ$

L'essentiel de la rotation de phase se fait donc entre $0,1\omega_0$ et $10\omega_0$ c'est à dire sur deux décades.

Tracé du diagramme de Bode d'un filtre passe-bas RC du 1^{er} ordre sur Synchronie 6 :

R = 1 kΩ ; C= 100 nF

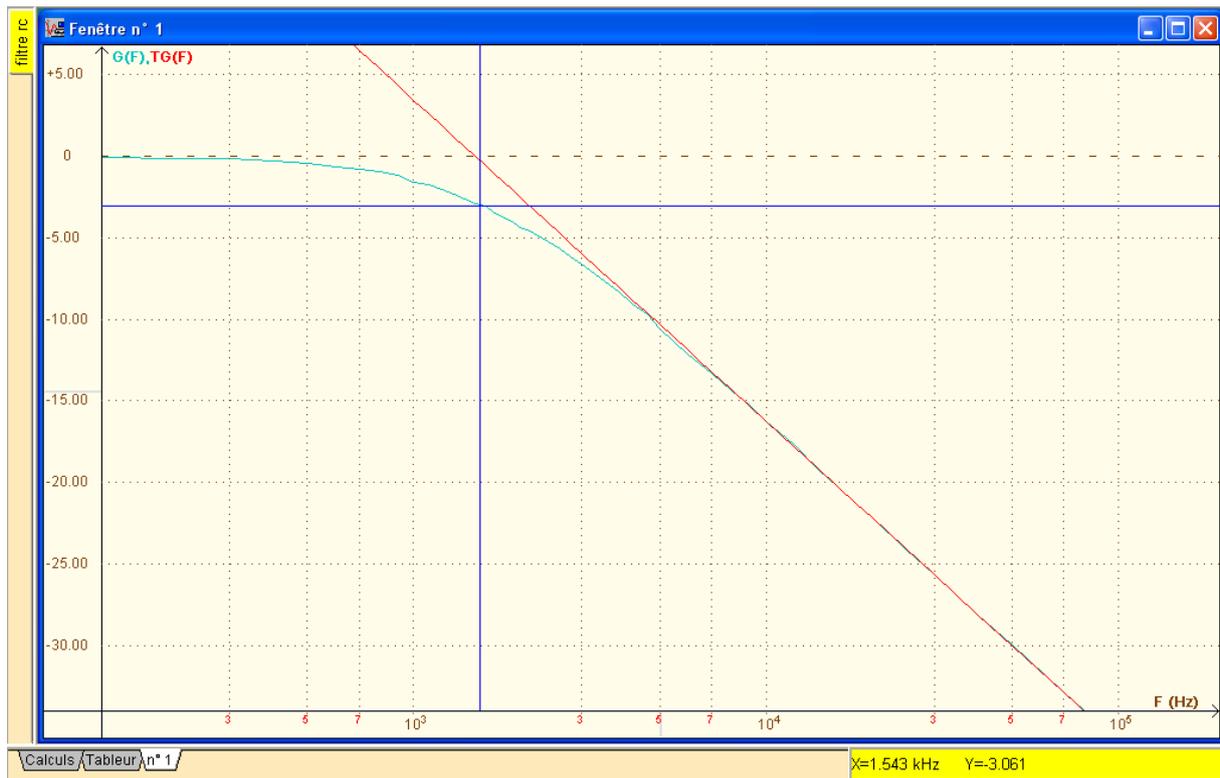
. Tableau de valeurs :

	F(Hz)	Ve(V)	Vs(V)	G(dB)
1	100.0 Hz	10.20 V	10.20 V	0
2	200.0 Hz	10.20 V	10.01 V	-0.163 dB
3	300.0 Hz	10.20 V	10.00 V	-0.172 dB
4	400.0 Hz	10.20 V	9.840 V	-0.312 dB
5	500.0 Hz	10.20 V	9.680 V	-0.454 dB
6	600.0 Hz	10.20 V	9.440 V	-0.673 dB
7	700.0 Hz	10.20 V	9.280 V	-0.821 dB
8	800.0 Hz	10.10 V	9.040 V	-0.963 dB
9	900.0 Hz	10.10 V	8.800 V	-1.197 dB
10	1.000 kHz	10.10 V	8.400 V	-1.601 dB
11	1.100 kHz	10.00 V	8.160 V	-1.766 dB
12	1.200 kHz	10.00 V	7.920 V	-2.025 dB
13	1.300 kHz	9.920 V	7.600 V	-2.314 dB
14	1.400 kHz	9.920 V	7.360 V	-2.593 dB
15	1.500 kHz	9.920 V	7.120 V	-2.881 dB
16	1.600 kHz	9.920 V	6.960 V	-3.078 dB
17	1.700 kHz	9.920 V	6.640 V	-3.487 dB
18	1.800 kHz	9.920 V	6.400 V	-3.807 dB
19	1.900 kHz	9.920 V	6.240 V	-4.027 dB
20	2.000 kHz	9.920 V	6.000 V	-4.367 dB
21	2.100 kHz	9.920 V	5.880 V	-4.543 dB
22	2.200 kHz	9.840 V	5.720 V	-4.712 dB
23	2.400 kHz	9.840 V	5.400 V	-5.212 dB
24	2.600 kHz	9.760 V	5.080 V	-5.672 dB
25	2.800 kHz	9.760 V	4.800 V	-6.164 dB

. Réglages des paramètres :

. Calcul de G :

Représentation de la courbe de gain



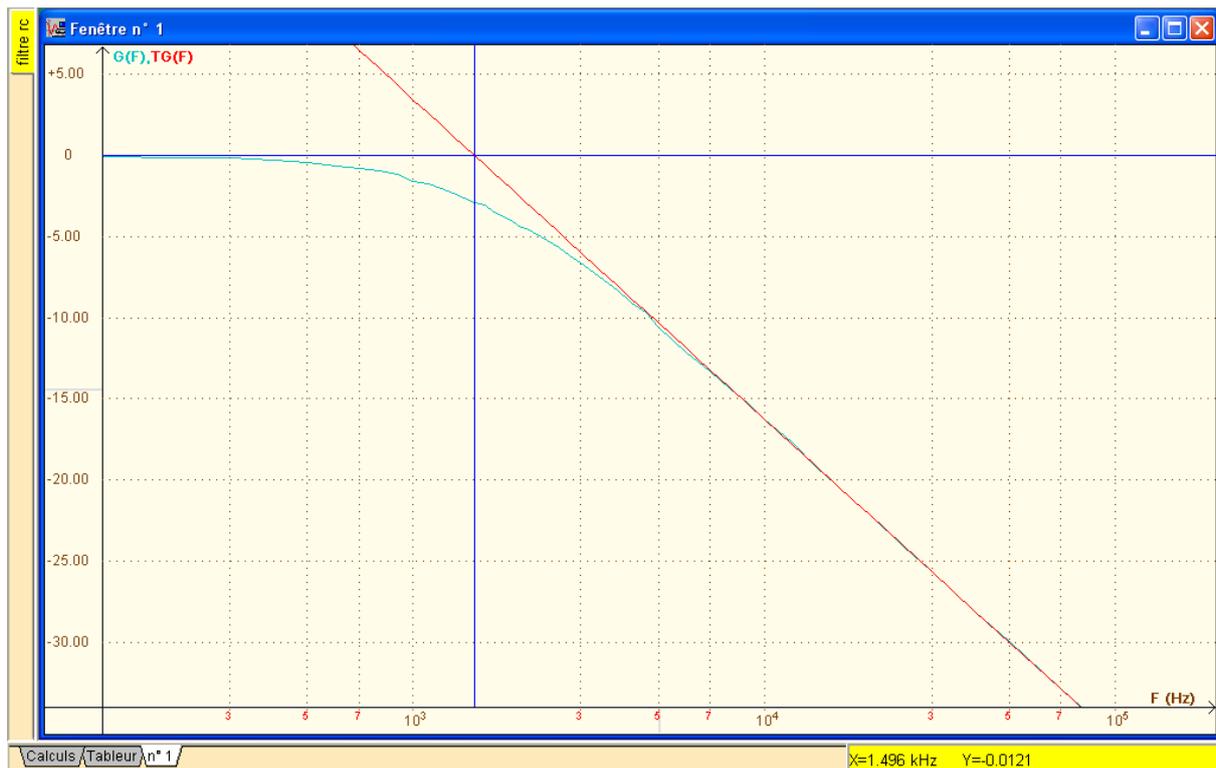
A la fréquence de coupure $F_c = \frac{1}{2\pi RC}$, le gain est de -3 db.

On mesure : **$F_c = 1,54$ kHz**

(F_c théorique $= \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 1.10^3 \times 100.10^{-9}} = 1,59$ kHz)

On peut également déterminer la fréquence de coupure du filtre en prolongeant la droite de la fonction $G=f(F)$ qui coupe l'axe horizontal à l'abscisse F_c :

On obtient : **$F_c = 1,50$ kHz**



L'équation de la tangente à la partie droite de la courbe $G=f(F)$ est :

$$G = -19,7 \times F + 62,4$$

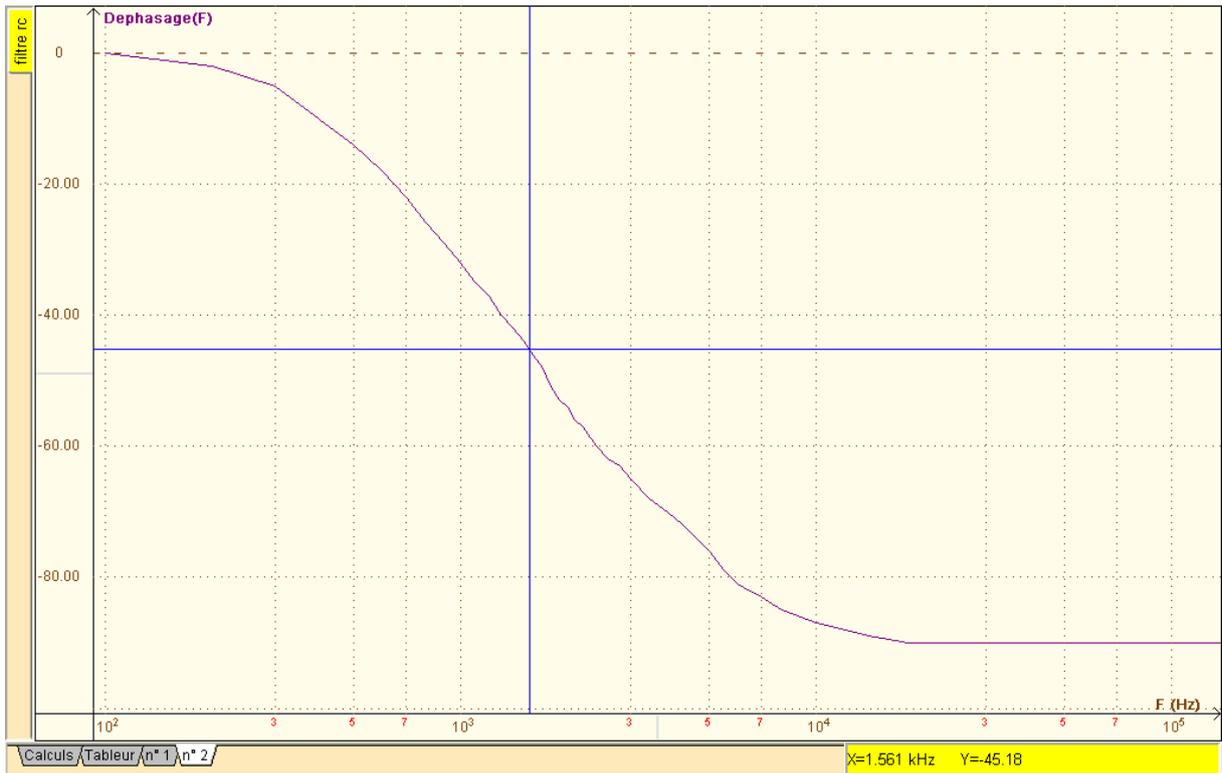
Le gain en haute fréquence chute donc de **-20 dB** par décade.

Représentation de la courbe de phase

On mesure le déphasage entre V_e et V_s en fonction de la fréquence de V_e .

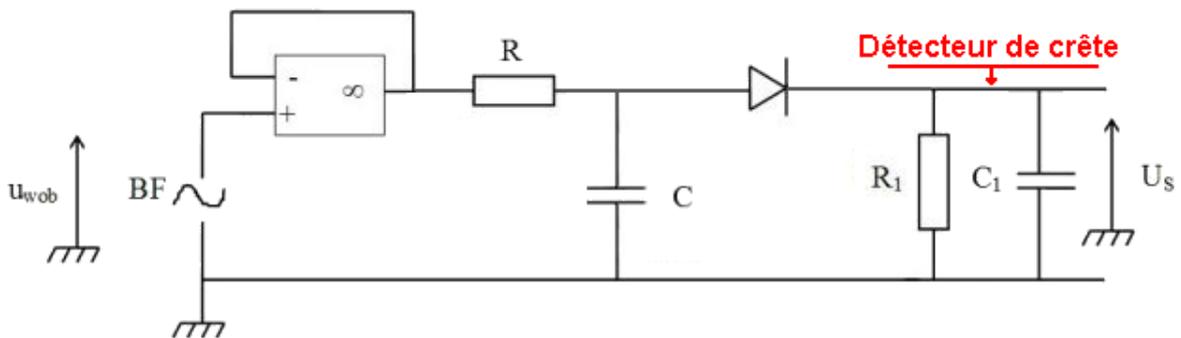
A la fréquence de coupure F_c , le déphasage entre V_s et V_e est de -45° :

On mesure : **$F_c = 1,56 \text{ kHz}$**



Tracé automatique de la courbe de gain d'un filtre passe-bas RC du 1^{er} ordre sur Synchronie 6 :

Le signal d'entrée du filtre RC du montage suivant est un signal modulé en fréquence (U_{wob}), de fréquence minimale 100 Hz et de fréquence maximale 10 kHz. On utilise un montage suiveur entre le signal délivré par le GBF et le filtre RC afin de ne pas perturber le signal wobulé.

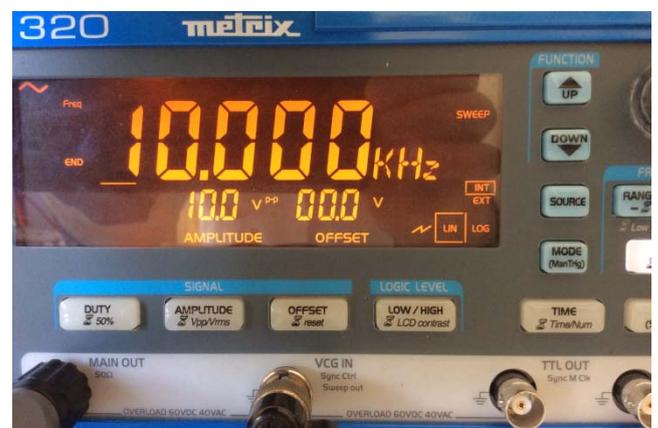


$R = 1 \text{ k}\Omega$; $C = 100 \text{ nF}$ ($F_c = 1,59 \text{ kHz}$)

$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $C_1 = 1 \mu\text{F}$

Réglages du GBF :

Fonction Balayage de Fréquence « SWEEP » du GBF :



Le balayage de fréquence entre 100 Hz et 10 kHz est linéaire et varie en dents de scie. Le signal wobulé est obtenu à la sortie Main Out du GBF.

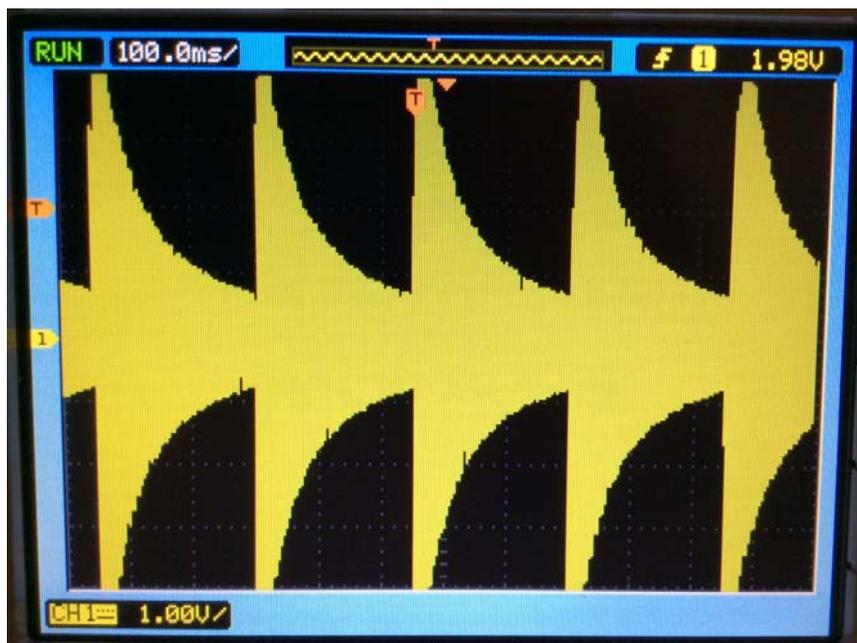
La période du balayage est fixée à 250 ms :



La fréquence du signal wobulé varie périodiquement en fonction du temps:

$$F(t) = 39600 t + 100 \text{ (à } t=0, F=100 \text{ Hz – à } t=250 \text{ ms, } F=10\text{kHz)}$$

Signal en sortie du filtre RC (avant le détecteur de crête) :



La diode permet de supprimer l'alternance négative et le détecteur de crête permet de conserver l'enveloppe du signal en sortie du filtre RC :



A basse fréquence, l'amplitude du signal U_s est maximale et à haute fréquence, celle-ci est minimale. On retrouve bien la réponse d'un filtre passe-bas.

Acquisition du signal Us sur Synchronie 6 :

Réglages des paramètres :

Réglage des paramètres

Entrées | **Acquis** | Courbes | Fenêtre | Sortie

Réglages

Points: 1024
Moyenne: 1

Courbes

Remplacer
 Ajouter

Durée

Échantillon: 229.5 μ s
Totale: 235 ms

Options

Mode permanent

Déclenchement

Source: Entrée n° 0 [EA0]
Niveau: 3.7 V
Condition: Sens montant
% pré trigger: 0

Ok Annuler Essayer Aide

Réglage des paramètres

Entrées | Acquis | Courbes | **Fenêtre** | Sortie

1 2

Abscisse

Nom: T
Genre: Linéaire
Unité: s

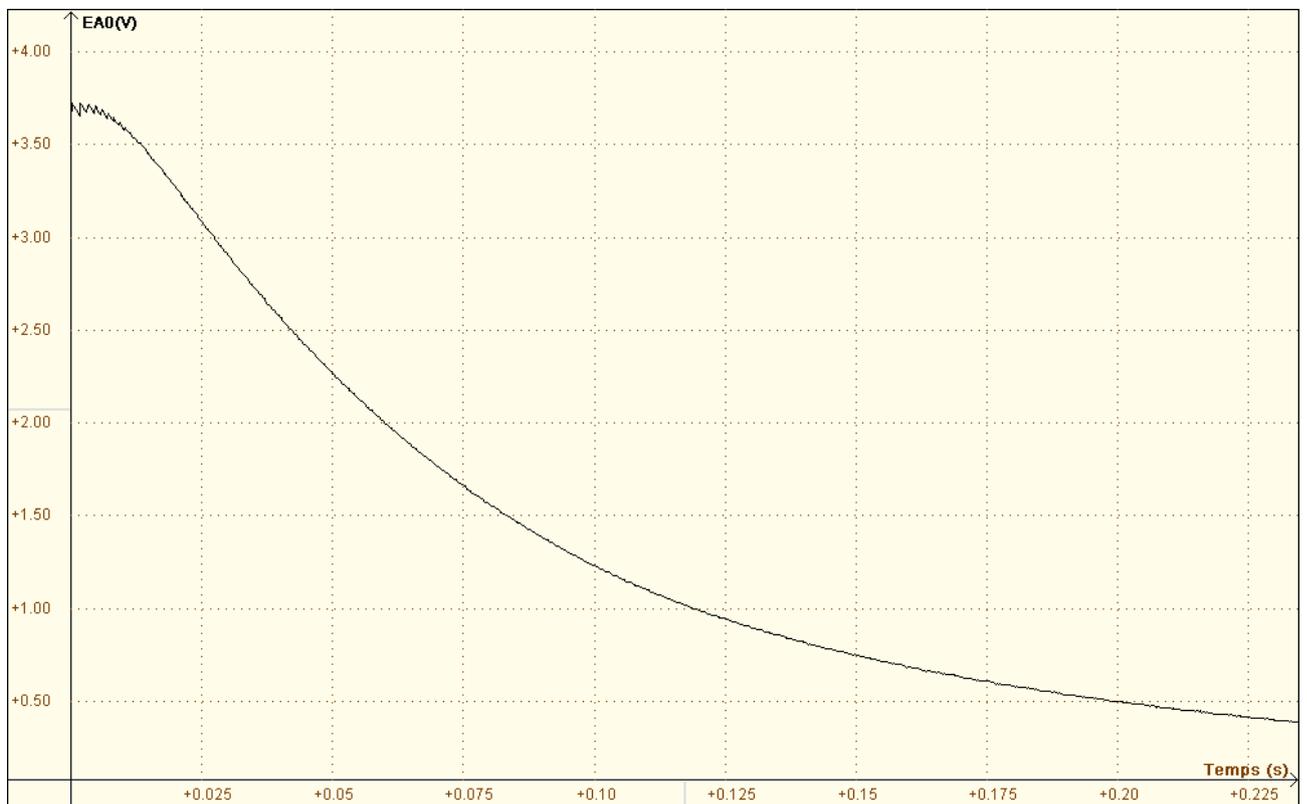
Échelle en abscisse

Calibrer sur: T
Minimum: 0
Maximum: 234.78 ms

Échelle en ordonnée

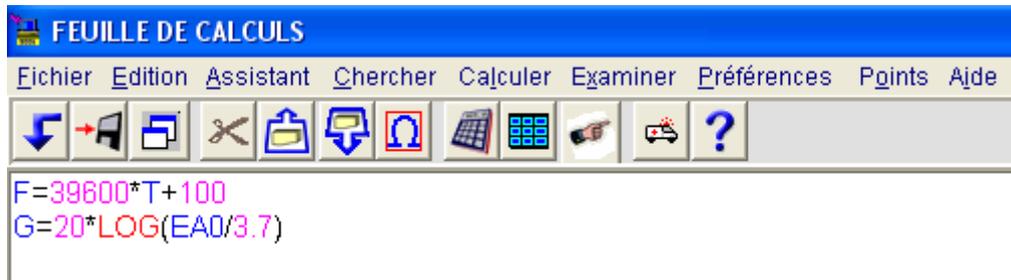
Calibrer sur: EA0
Minimum: 0.0523
Maximum: 4.07

Ok Annuler Essayer Aide



Calcul du gain en fonction de la fréquence :

On considère que l'amplitude du signal à l'entrée du filtre est constante et égale à 3,7 V



The screenshot shows a spreadsheet window titled "FicheTableur". The menu bar includes "Fichier", "Edition", "Variables", "Traitements", "Acquérir", "Recalculer", and "Aide". The toolbar contains various icons for navigation and editing. Below the toolbar, the following table is displayed:

	T(s)	EA0(V)	F(Hz)	G(dB)
1	0	3.632 V	100.0 Hz	-0.160 dB
2	229.5 µs	3.722 V	109.1 Hz	0.05201 dB
3	459.0 µs	3.707 V	118.2 Hz	0.01704 dB
4	688.5 µs	3.702 V	127.3 Hz	5.346 mdB
5	918.0 µs	3.687 V	136.4 Hz	-0.02982 dB
6	1.148 ms	3.682 V	145.4 Hz	-0.04157 dB
7	1.377 ms	3.667 V	154.5 Hz	-0.07693 dB
8	1.606 ms	3.657 V	163.6 Hz	-0.101 dB
9	1.836 ms	3.727 V	172.7 Hz	0.06364 dB
10	2.066 ms	3.717 V	181.8 Hz	0.04037 dB
11	2.295 ms	3.707 V	190.9 Hz	0.01704 dB
12	2.524 ms	3.692 V	200.0 Hz	-0.01808 dB
13	2.754 ms	3.682 V	209.1 Hz	-0.04157 dB
14	2.983 ms	3.677 V	218.1 Hz	-0.05334 dB
15	3.213 ms	3.712 V	227.2 Hz	0.02871 dB
16	3.442 ms	3.717 V	236.3 Hz	0.04037 dB
17	3.672 ms	3.702 V	245.4 Hz	5.346 mdB
18	3.902 ms	3.697 V	254.5 Hz	-6.360 mdB
19	4.131 ms	3.682 V	263.6 Hz	-0.04157 dB
20	4.360 ms	3.672 V	272.7 Hz	-0.06513 dB
21	4.590 ms	3.712 V	281.8 Hz	0.02871 dB
22	4.820 ms	3.702 V	290.9 Hz	5.346 mdB
23	5.049 ms	3.692 V	299.9 Hz	-0.01808 dB
24	5.278 ms	3.682 V	309.0 Hz	-0.04157 dB
25	5.508 ms	3.667 V	318.1 Hz	-0.07693 dB

Représentation du gain en fonction de la fréquence :

Réglage des paramètres

Entrées Acquis Courbes Fenêtre Sortie

1 2

Abscisse

Nom F

Genre Logarithmique

Unité Hz

Échelle en abscisse

Calibrer sur MANUELLE

Minimum 126.41 Hz

Maximum 11.879 kHz

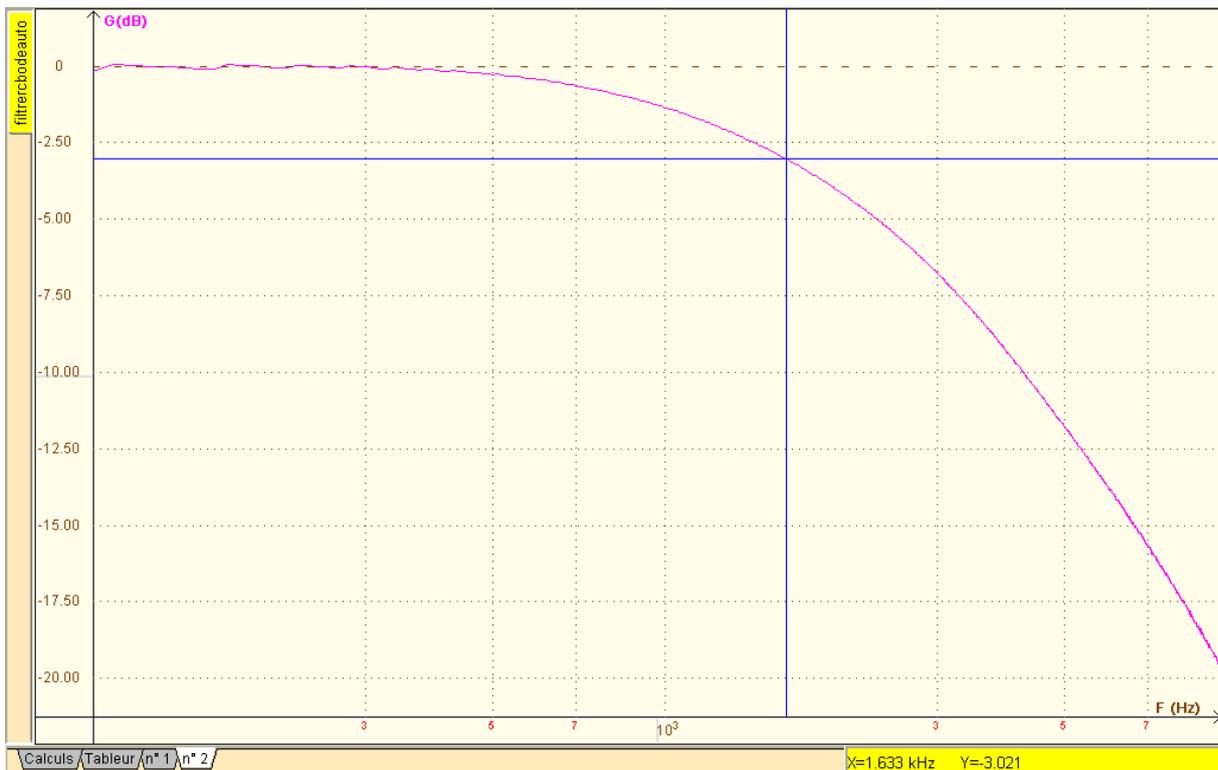
Échelle en ordonnée

Calibrer sur G

Minimum -22.5

Maximum 1.99

Ok Annuler Essayer Aide



La fréquence de coupure mesurée est proche de la valeur théorique.



La chute de gain par décade en haute fréquence, mesurée, est cependant un peu plus importante que celle théorique.