

Présentation du logiciel par l'étude de filtres passifs.

I. Généralités

Ce document a pour but de montrer comment utiliser Oscillo5 pour étudier un filtre en régime harmonique (attaque sinusoïdale) et en régime indiciel (attaque rectangulaire). Cette étude permet d'utiliser Oscillo5 en mode balayage, spectre et « Diagrammes de Bode » et de montrer une part importante des fonctions des GBF. Le document n'a pas de finalité pédagogique et ne prétend pas faire le tour complet de la question...

$$R = 4,7 \text{ k}\Omega$$

$$C = 6,8 \text{ nF}$$

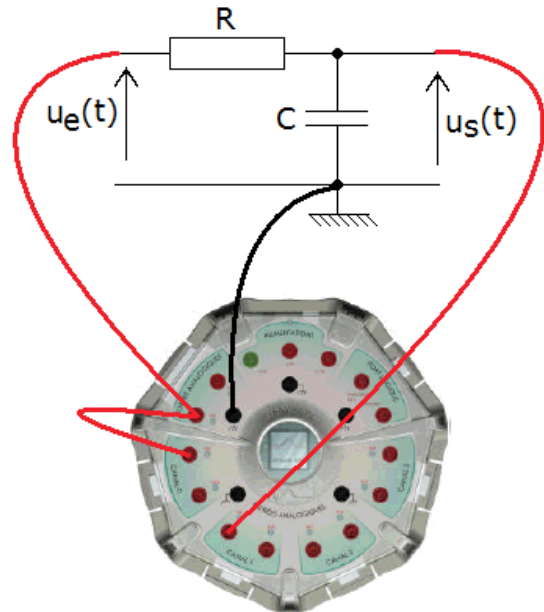
II. Filtre Passe-bas d'ordre 1

A. Généralités

Ce filtre présente une fonction de transfert du type

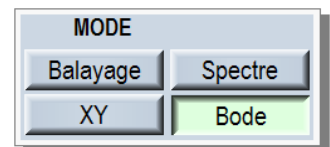
$$H(j\omega) = K / (1 + j.\omega.\tau)$$

où K est égal à 1 et τ est la constante de temps du circuit RC constituant ce filtre.



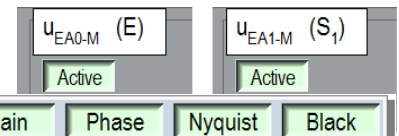
B. Réponse harmonique : diagrammes de Bode, Nyquist et Black-Nichols

1. Après avoir réalisé le montage, lancer Oscillo5, passer en mode « Diagramme de Bode »



2. Activer les deux entrées utilisées : EA0 et EA1

On n'utilisera pas ici le mode différentiel.



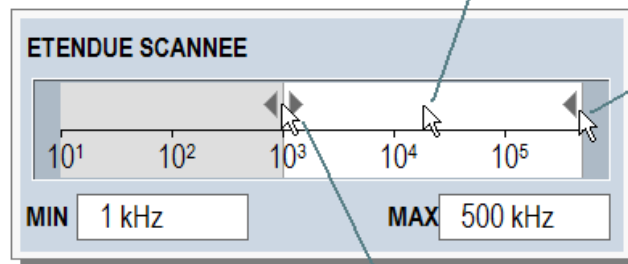
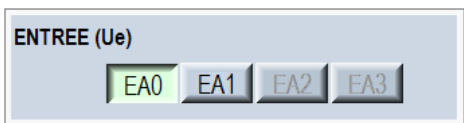
3. Afficher les quatre diagrammes



4. Régler l'étendue scannée en ajustant ses limites : de 50 Hz à 500 kHz.

Saisie et déplacement de l'ensemble de l'étendue à scanner

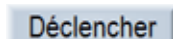
5. Conserver comme signal d'entrée du filtre le signal appliqué à l'entrée EA0



Saisie et déplacement de la limite supérieure

Saisie et déplacement de la limite inférieure

6. Lancer l'acquisition : bouton



Oscillo5 crée un tableau de fréquences échelonnées entre 50 Hz et 500 kHz. Pour chacune d'elles, il applique une tension sinusoïdale à l'entrée du filtre, fait une acquisition des signaux

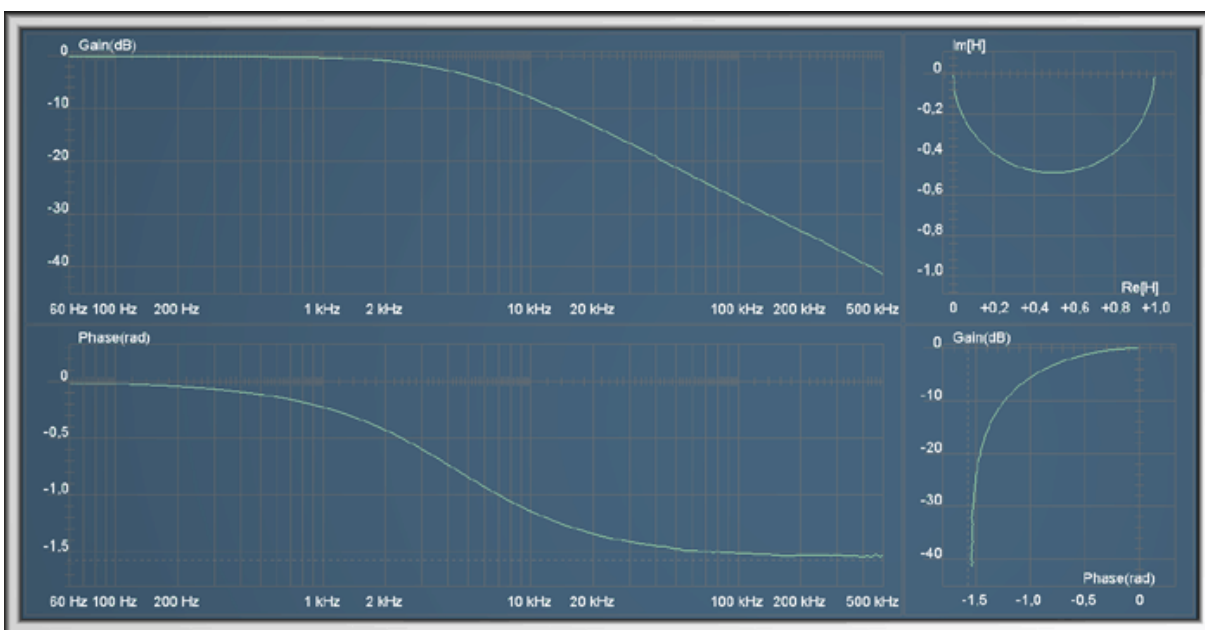
sur 25 ou 50 périodes, extrait des 12 ou 25 dernières périodes les amplitudes et le déphasage (après vérification de fin de régime transitoire) puis calcule le gain ...

Si pour la fréquence courante les calibres de SYSAM SP5 ou l'amplitude du signal émis sur la sortie de SYSAM ne sont pas satisfaisants, il ajuste ces paramètres et recommence l'acquisition.

Oscillo5 ajoute des fréquences lors des variations rapides du gain ou de la phase, au voisinage de résonances, pour plus de précision (autour des résonances, la courbe du diagramme de Nyquist varie rapidement).

Pendant l'acquisition, vous pouvez modifier les diagrammes affichés, les échelles (logarithmique/linéaire en fréquence, dB/linéaire en gain), activer/désactiver les curseurs de mesure...

Le résultat :



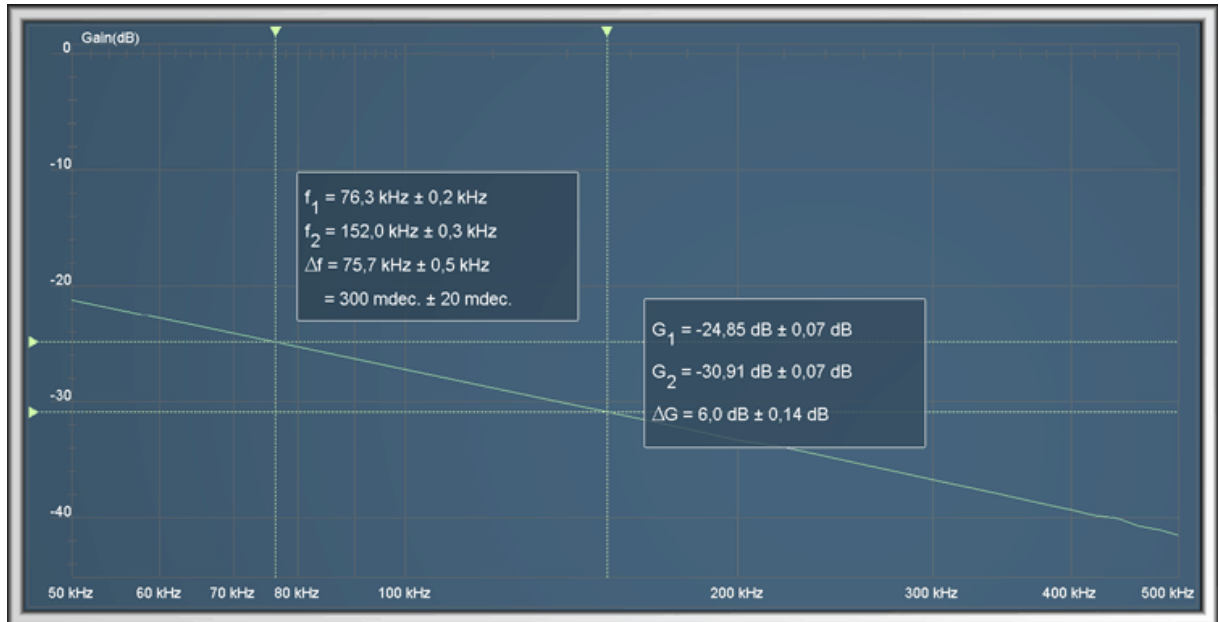
7. Mesures

a. Mesures de la pente de la branche asymptotique

Pour faire une mesure de pente sur le diagramme de gain (branche asymptotique) :

- Activer les curseurs de mesure
- Placer les deux curseurs verticaux sur la partie rectiligne descendante en les séparant de 1 décade (entre 50 kHz et 500 kHz par exemple)
- Positionner les deux curseurs horizontaux et vérifier que la pente est proche de - 20 dB/décade. Exemple ci-contre.
- Pour augmenter la précision, cacher les diagrammes de phase, de Nyquist et de Black ; étaler horizontalement le diagramme en utilisant l'outil de réglage de la plage scannée. Positionner les curseurs sur une octave. On obtient précisément -6 dB par octave, ce qui correspond bien à -20 dB/décade (ci-dessous)





b. Mesure de la fréquence de coupure.

Revenir à un réglage de la plage de fréquence qui permet de voir tout le diagramme de gain.

Positionner les curseurs : celui du haut à 0 dB et celui du bas à -3 dB ($\Delta G = 3,0 \text{ dB}$). Positionner l'un des curseurs verticaux sur le point d'intersection du curseur horizontal avec la courbe ; la fréquence de coupure se lit sur le panneau : $f_c \sim 4,3 \text{ kHz}$.

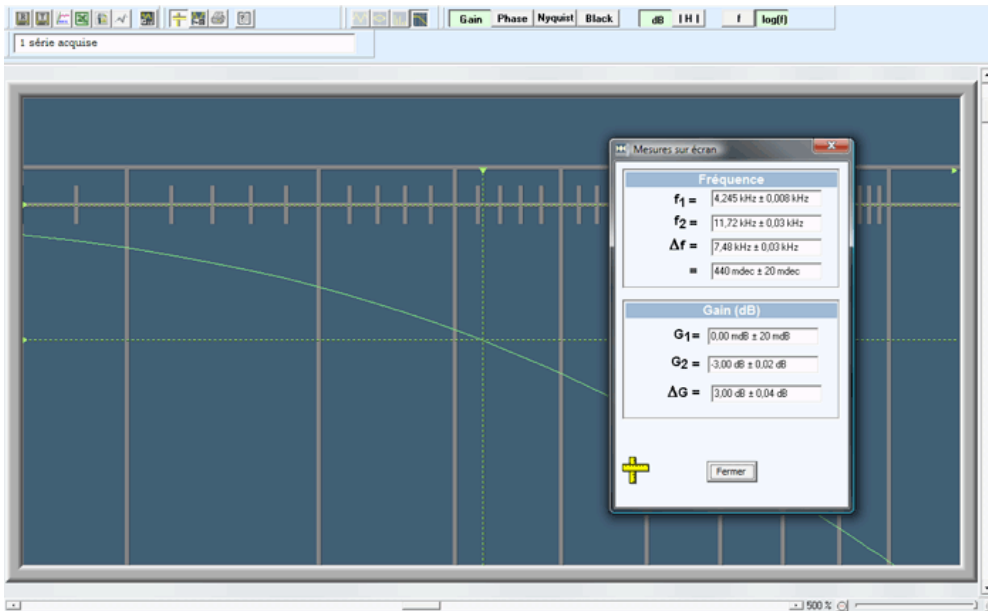


On trouve donc une pulsation de coupure

$$\omega_c = 2.\pi.f_c = 2.\pi.4,3.10^3 \sim 27.10^3 \text{ rad.s}^{-1}$$

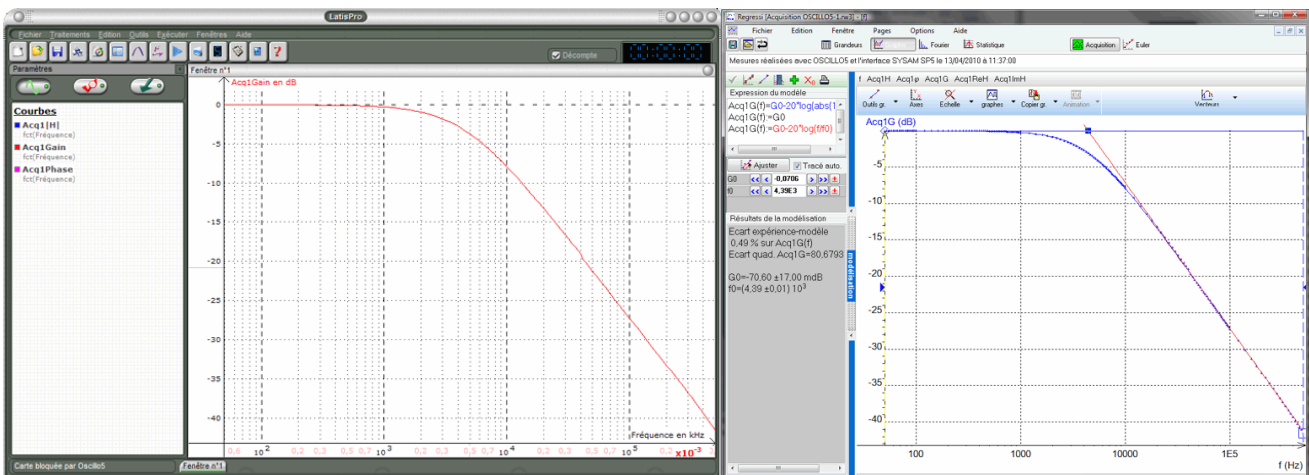
et une constante de temps $\tau = 1/\omega_c \sim 1/27000 \sim 3,7.10^{-5} \text{ s} = 37 \mu\text{s}$.

Pour une mesure plus précise, mémoriser et passer en mode exploitation ; appuyer sur le bouton avec les deux règles jaunes pour activer les deux curseurs, utiliser le zoom....



8. Transferts dans les tableaux

Appuyer simplement sur les boutons concernés avec les icônes des logiciels de destination (LATISPRO, Regressi, Excel, OpenOffice.org calc)



C. Réponse indicielle (attaque avec échelon)

1. Réglages

Ne rien changer d'autre au montage.

Passer en mode balayage : les deux GBF d'Oscillo5 redeviennent visibles et utilisables.

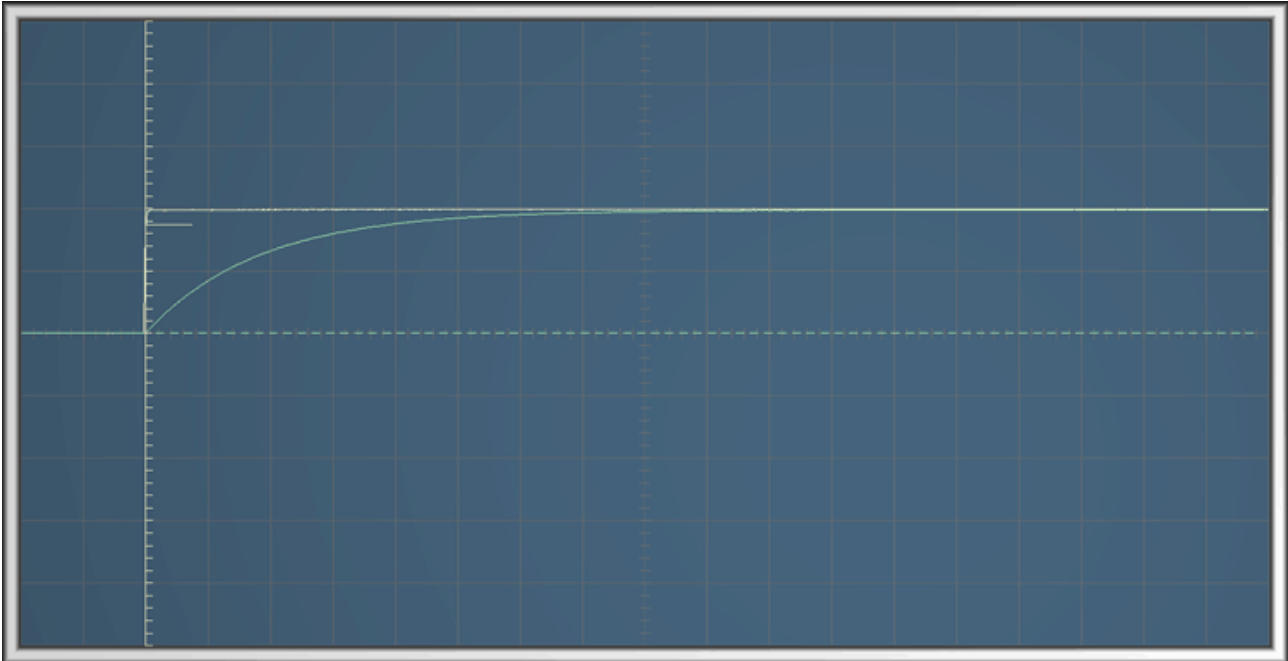
Régler le GBF1 comme suit :

Fréquence : 10 Hz ; Amplitude 500 mV ; Forme : créneaux ; Composante continue : 500 mV. On obtient ainsi l'échelon passant de 0 V à 1,0 V 10 fois par seconde, appliqué à l'entrée du filtre.

Régler l'oscilloscope comme suit :

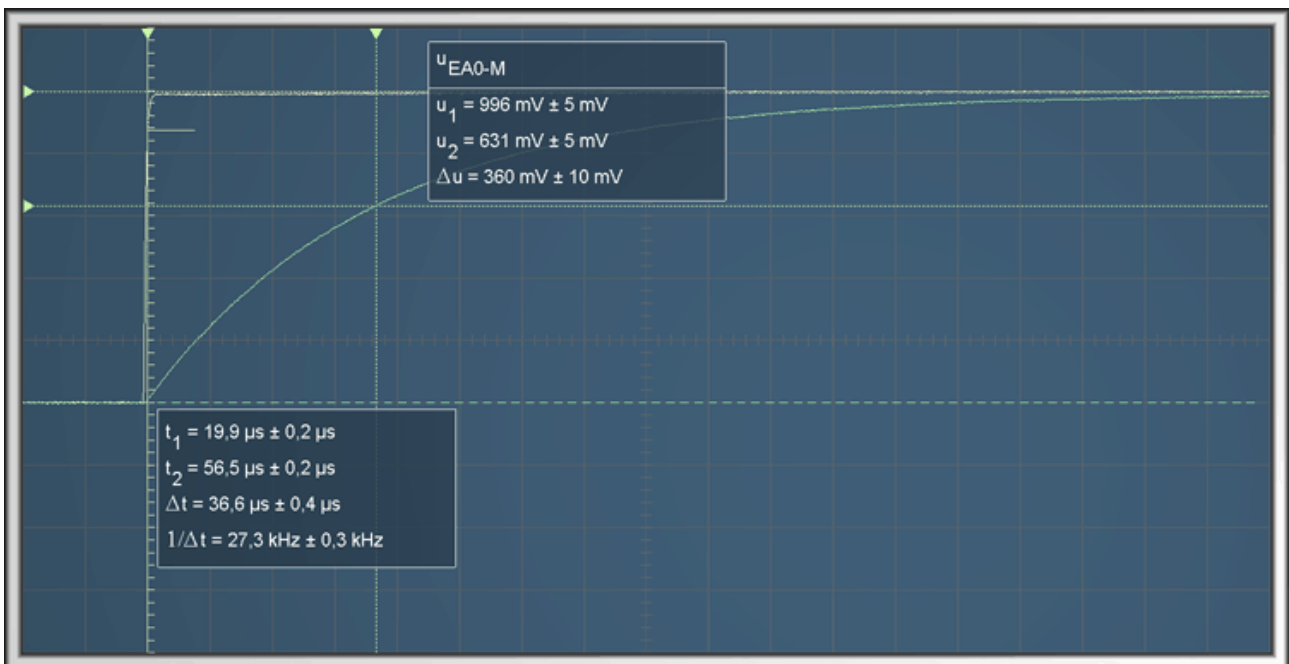
Balayage de $20 \mu\text{s}.\text{div}^{-1}$; synchronisation automatique sur la voie EA0, sens montant; Pré-acquisition d'environ 10 %; sensibilité de $500 \text{ mV}.\text{div}^{-1}$ pour les deux voies EA0 et EA1.

Remarque : cette partie des manipulations s'apparente à la manip de Terminale S sur la « charge » du condensateur...



2. Exemple de mesure : la constante de temps

On utilise la définition : temps au bout duquel la tension aux bornes du condensateur, i.e. la tension de sortie du filtre a atteint 63 % de sa valeur finale.



Modifier les réglages de l'oscilloscope (sensibilité et balayage) pour étaler la partie utile de la courbe. Placer le curseur horizontal du haut sur la tension finale de 1,0 V (le haut de l'échelon). Placer le curseur horizontal du bas sur 0,63 V (0,63 % de 1,0 V). Positionner le premier curseur vertical sur le début de la montée, et le second à

l'intersection de la courbe avec le curseur horizontal du bas. On lit : $\tau = \Delta t \sim 37 \mu\text{s}$ et $\omega_c = 1/\tau = 27,3 \cdot 10^3 \text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$

3. Transferts

a. Série transférée

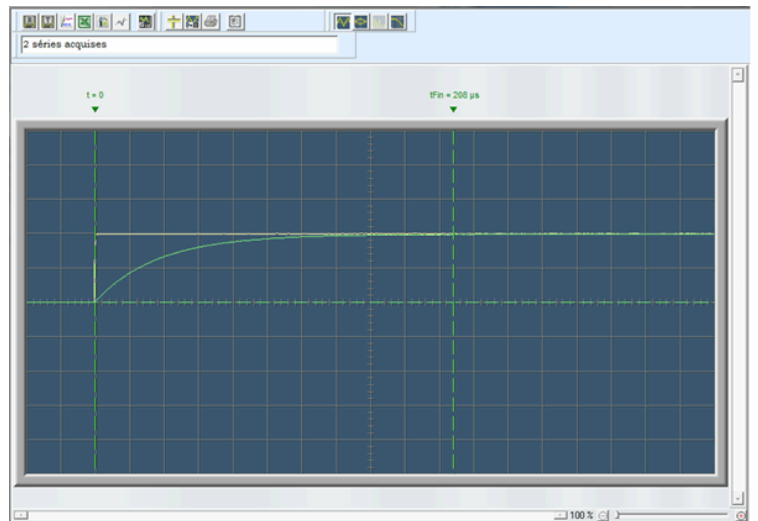
Décocher la série $u_{EA0_M} = u_e(t)$ correspondant à l'échelon pour mieux voir le début de la montée du signal $u_{EA1_M} = u_s(t)$. Seules les séries cochées sont affichées sur l'oscillogramme.

Unités	t	u_{EA0-M}	u_{EA1-M}
	μs	mV	mV
0	-39,28	0,2496	-0,2496
1	-39,18	0,2496	-0,2496
2	-39,08	0,2496	-0,2496
3	-38,98	2,746	-0,2496
4	-38,88	0,2496	-0,2496
5	-38,78	0,2496	-0,2496

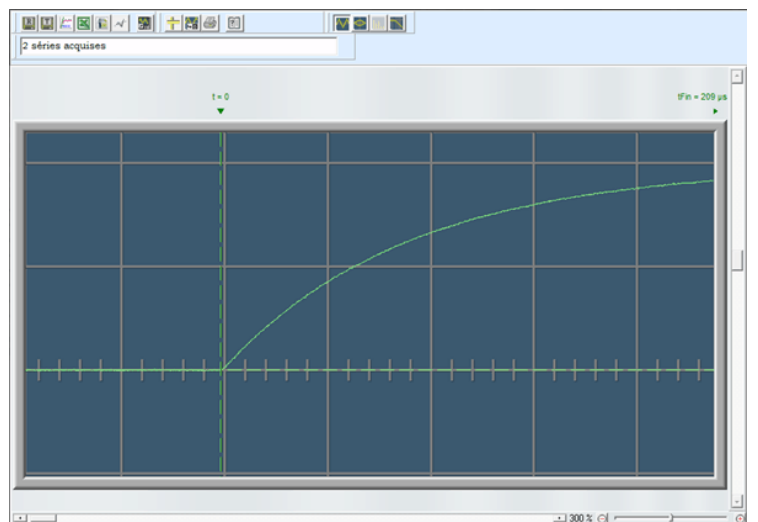
b. Sélection de l'intervalle transféré

La partie de la courbe située avant le début de la montée est inutile pour l'exploitation. Placer le curseur $t=0$ au début de la montée.

De la même façon, la partie enregistrée du régime permanent est longue : la réduire en déplaçant le curseur t_{fin} vers la gauche.

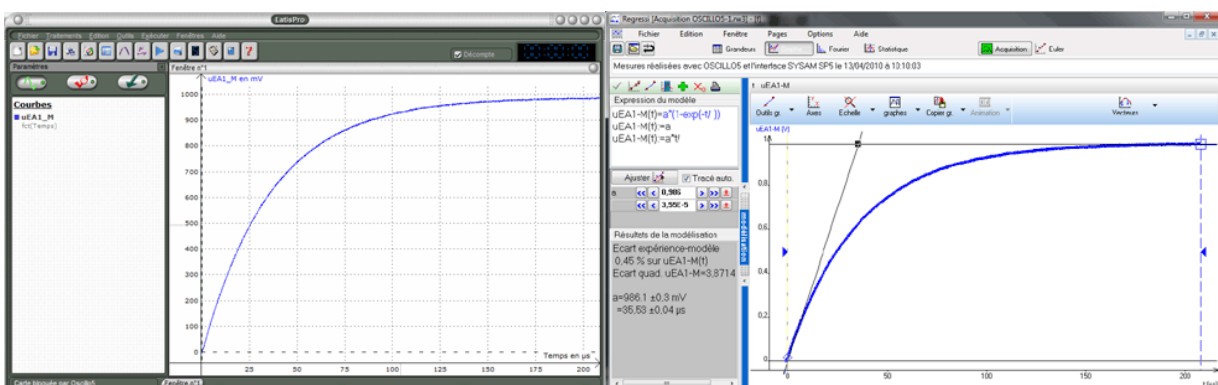


Pour ajuster plus finement l'instant $t=0$, utiliser le zoom, situé à droite sous l'oscillogramme :



c. Transfert

Cliquer sur le bouton comportant l'icône du logiciel de destination souhaité (LATISPRO, Regressi, Excel, OpenOffice.org calc. On obtient par exemple :



Faire les modélisations... et vérifier la valeur de la constante de temps τ .

III. Filtre d'ordre 2

A. Généralités

On étudie maintenant le filtre suivant :

Ce filtre est un passe-bas du second ordre présentant une fonction de transfert du type

$$H(p) = 1 / (1 + 2.(m/\omega_0).p + p^2 / \omega_0^2)$$

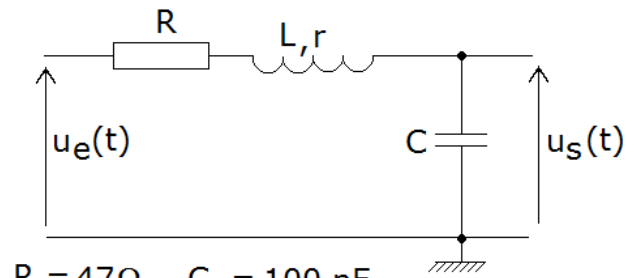
où : * $p = j.\omega$

* m est le coefficient d'amortissement réduit, réglable en changeant la valeur de la résistance R

* ω_0 est la pulsation propre non amortie (non réglable)

* K est le gain statique.

La résistance R prendra successivement les valeurs croissantes indiquées. La bobine a une résistance de l'ordre de 63Ω .



$R = 47 \Omega$ $C = 100 \text{ nF}$
 100Ω
 220Ω
 470Ω
 2200Ω

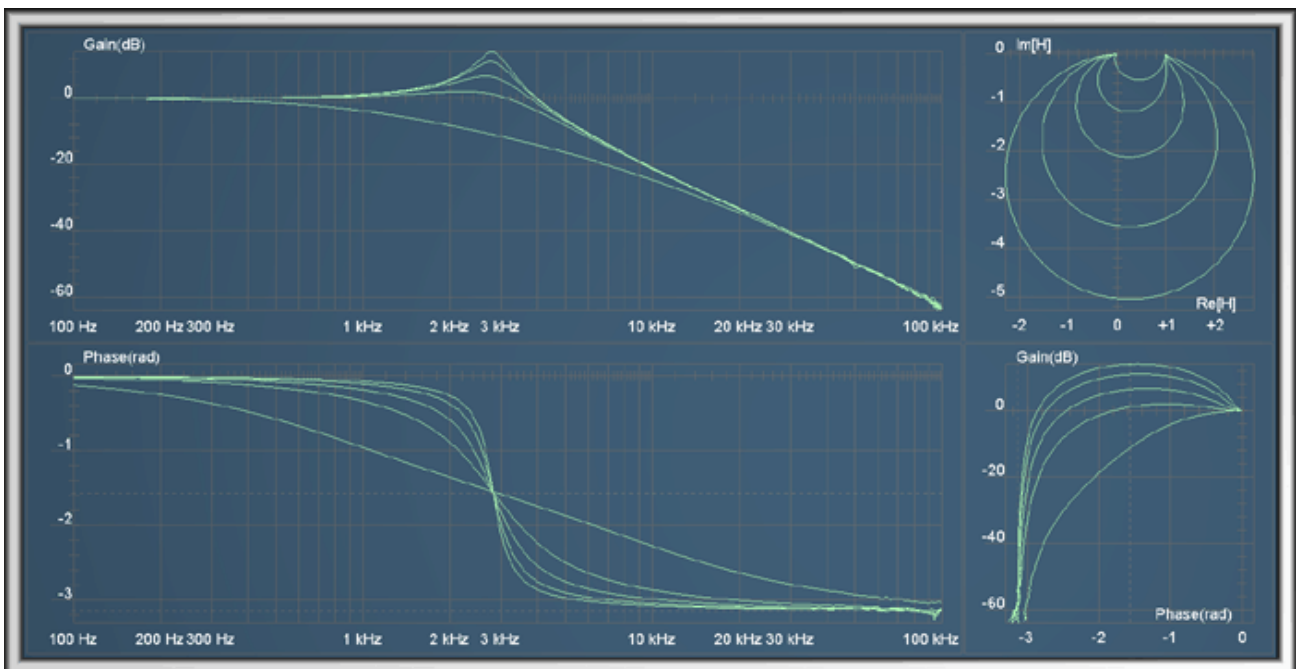
B. Etude en régime harmonique – Diagrammes de Bode, Nyquist et Black-Nichols

1. Acquisitions

Pour la première acquisition, utiliser la résistance de 47Ω .


Régler la plage de fréquences de 100 Hz à 100 kHz.

Procéder aux acquisitions successives, en veillant bien à ne pas effacer les acquisitions, sauf « La dernière » si elle a échoué par suite d'une instabilité de signal fortuite. Le résultat :

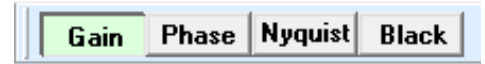


2. Mesures

Les mesures seront réalisées en mode exploitation : mémoriser les mesures, passer en mode exploitation. Maximiser la fenêtre d'exploitation.

Dans le tableau de mesures, décocher toutes les séries sauf la première (Acq2, Acq3 ...). Réduire le plus possible la largeur du tableau. Visualiser uniquement le diagramme de gain. Activer les curseurs de mesure (bouton )

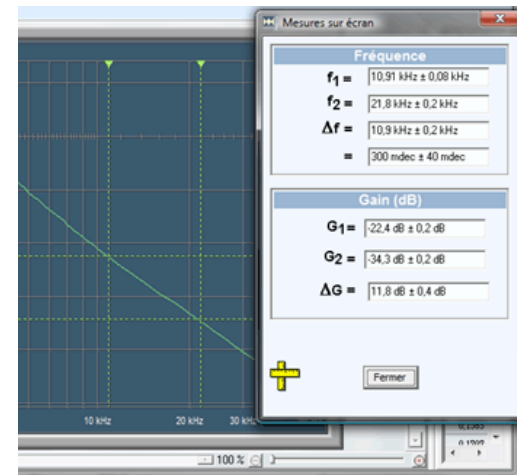
Acq2			Acq3		
f	Gain	rad	f	Gain	rad
Hz	dB	rad	Hz	dB	rad
200	0,0405	-0,01305	200	0,03907	-0,01901
220	0,0494	-0,01434	220	0,04771	-0,02101
240	0,05941	-0,01584	240	0,0568	-0,02298



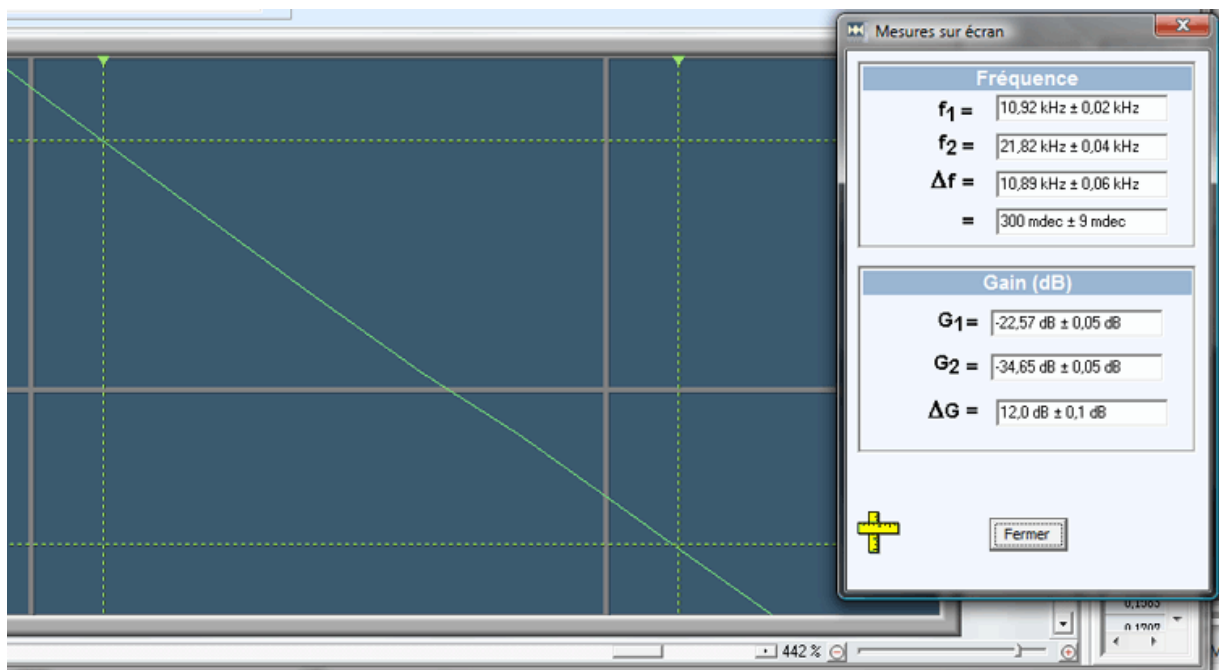
a. Pente de la branche asymptotique.

Placer les deux curseurs verticaux sur la partie rectiligne descendante en les séparant de 300 mdec (= 1 octave).

Positionner les deux curseurs horizontaux et vérifier que la pente est proche de -12 db/octave, ce qui correspond à $-40,0$ dB/décade. Le résultat :



Utiliser ensuite le zoom pour plus de précision (ajuster la position des curseurs et lire la valeur plus précise.

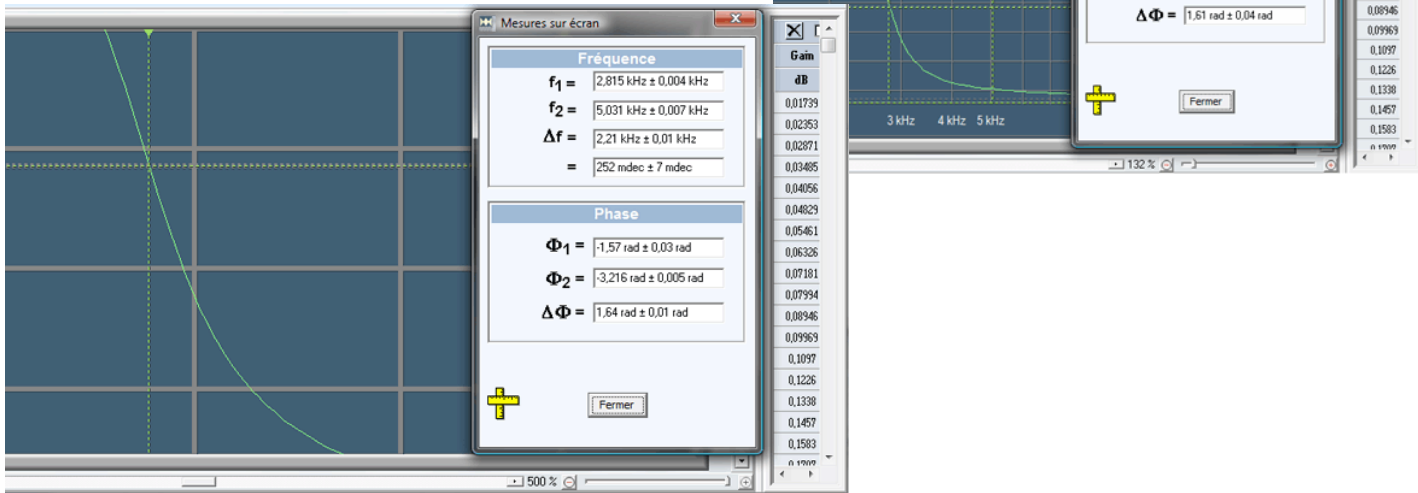


b. Fréquence du pic de résonance:

En positionnant un des curseurs verticaux sur le pic de la courbe du gain, on trouve $f_R = 2,795$ kHz.

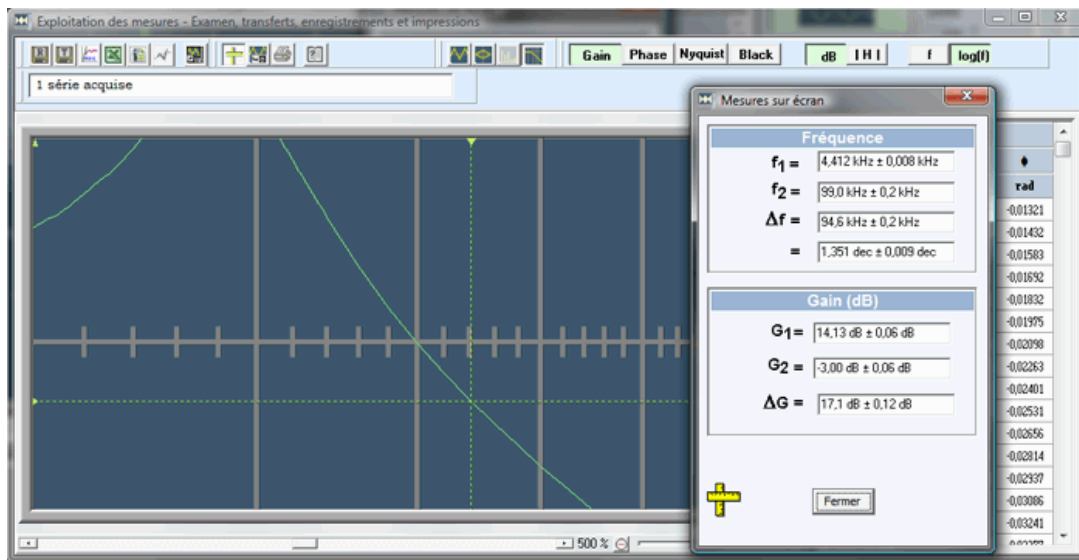
c. Fréquence de cassure f_0 correspondant à la phase $-\pi/2$

Afficher le diagramme de phase ; cliquer sur ce diagramme pour y faire passer les curseurs placer un curseur horizontal à la valeur de phase $-\pi/2$; placer un curseur vertical à l'intersection du curseur horizontal avec la courbe, puis zoomer et lire la valeur : $f_0 = 2,815$ kHz.



d. Fréquence de coupure à -3 dB

Revenir au diagramme de Gain, positionner l'un des curseurs horizontaux à -3,0 dB et placer un curseur vertical à l'intersection du curseur horizontal avec la courbe. Utiliser le zoom et affiner la position des curseurs. On mesure $f_c = 4,412$ kHz.

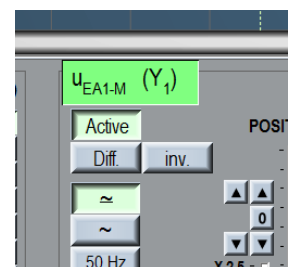


C. Réponse indicielle (attaque avec échelon)

Passer en mode balayage : les deux GBF d'Oscillo5 redeviennent actifs.

Reprendre pour R la résistance de 47 Ω.

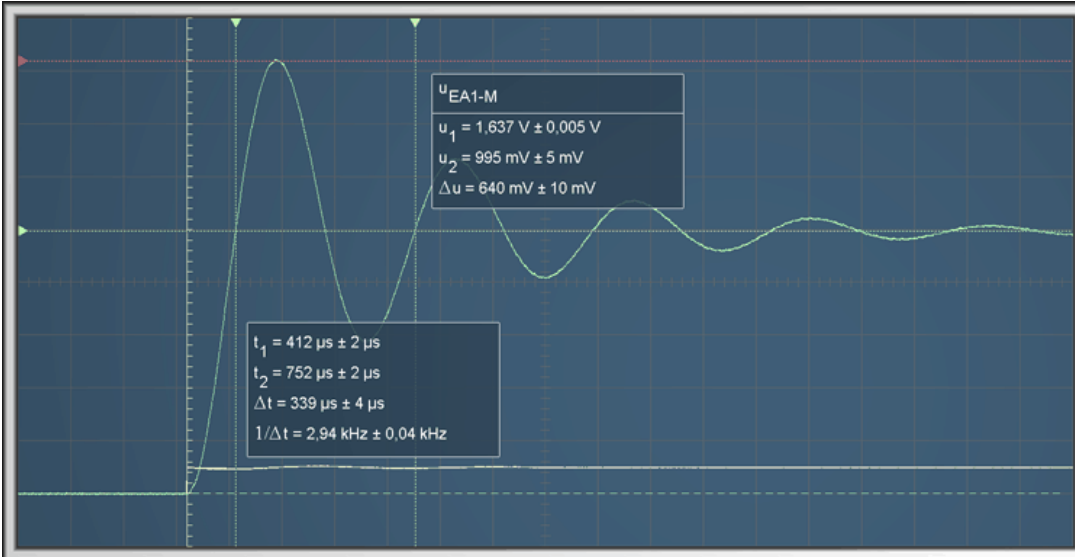
Régler le GBF sur mode créneaux, fréquence 50 Hz ; amplitude 500 mV ; composante continue 500 mV. On obtient ainsi l'échelon passant de 0 V à 1,0 V 50 fois par seconde, appliqué à l'entrée du filtre.



Régler le balayage de l'oscilloscope sur $100 \mu\text{s}.\text{div}^{-1}$, mettre un peu de pré-acquisition et de décalage vertical, synchro automatique sur EA0, sens montant...

Cliquez sur l'entête de la voie EA1 pour que les mesures se fassent sur la courbe de cette voie.

On obtient à peu près ce qui suit :



Quelques mesures :

Entre les deux curseurs horizontaux, on mesure la grandeur

$$D_1 = K.e^{-\frac{m.\pi}{\sqrt{1-m^2}}} \quad D_1 = \Delta u \sim 0,64 \text{ V}$$

Le curseur horizontal du bas donne la limite de la réponse indicielle : $K = 1$ (rien de surprenant...)

On en déduit, suivant la formule $m = \frac{-\ln(\frac{D_1}{K})}{\sqrt{\pi^2 + (\ln(\frac{D_1}{K}))^2}}$ que $m \sim 0,14$.

Entre les deux curseurs verticaux, on mesure la pseudo-période $T \sim 340 \mu\text{s}$.

Sachant que

$$T = \frac{2.\pi}{\omega_0 \sqrt{1-m^2}}$$

on obtient : $\omega_0 = \frac{2.\pi}{T \sqrt{1-m^2}} \sim 1,87.10^4 \text{ rad.s}^{-1}$ soit une fréquence $f_0 \sim 2,93 \text{ kHz}$.

On peut vérifier la concordance avec la valeur de la fréquence de résonance : théoriquement, $f_R = f_0 . (1 - 2m^2)^{1/2} = 2,87 \text{ kHz}$, ce qui correspond assez bien à ce qui avait été trouvé sur le diagramme du gain.

Il faudrait bien sûr faire un calcul d'incertitude...

Bibliographie

Ce document est essentiellement basé sur un polycopié de cours de Sciences de l'Ingénieur réalisé par M. Pascal LECLERCQ, du Lycée KLEBER de Strasbourg.

J.-M. THOMAS

15/4/2010