

Présentation du logiciel par l'étude d'un filtre actif du 2^{ème} ordre

I. Généralités

Ce document a pour but de montrer comment utiliser Oscillo5 pour étudier un filtre en régime harmonique (attaque sinusoïdale) et en régime indicial (attaque rectangulaire).

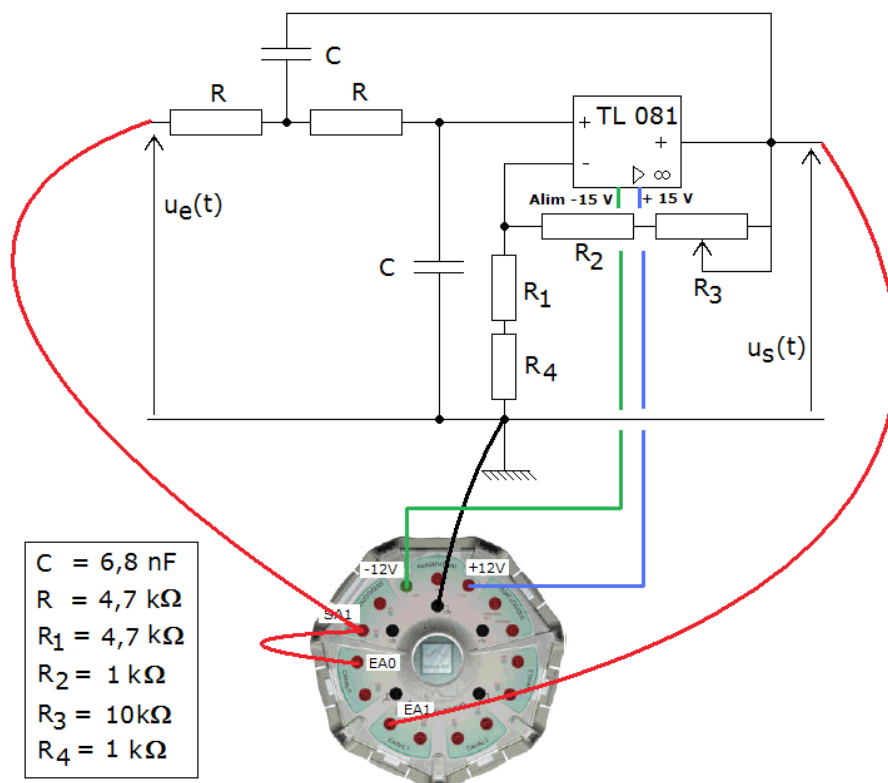
Oscillo5 sera utilisé en mode balayage, spectre et « Diagrammes de Bode » ; certaines fonctions originales des GBF seront également mises à contribution.

Le filtre étudié est un filtre actif passe-bas du second ordre (montage ci-contre) construit autour d'un amplificateur opérationnel. Un tel filtre présente une fonction de transfert

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

où :

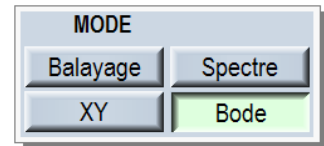
- * $p = j. \omega$
- * m est le coefficient d'amortissement réduit, réglable par le potentiomètre R_3 ;
- * ω_0 est la pulsation propre non amortie (non réglable);
- * K est le gain statique.



Régler le potentiomètre pour avoir un amortissement faible et observer une résonance maximale. Du fait des incertitudes sur les grandeurs caractéristiques des composants, les valeurs observées lors des manipulations peuvent différer légèrement des valeurs indiquées dans ce document.

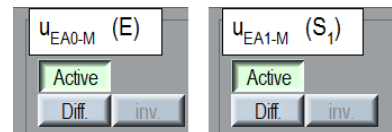
II. Diagrammes de Bode, Nyquist et Black-Nichols

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

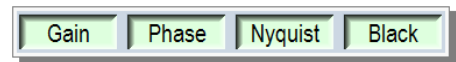


2. Activer les deux entrées utilisées : EA0 et EA1

On n'utilisera pas ici le mode différentiel.

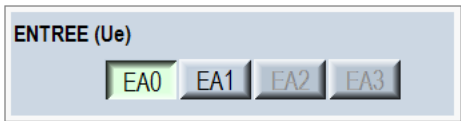
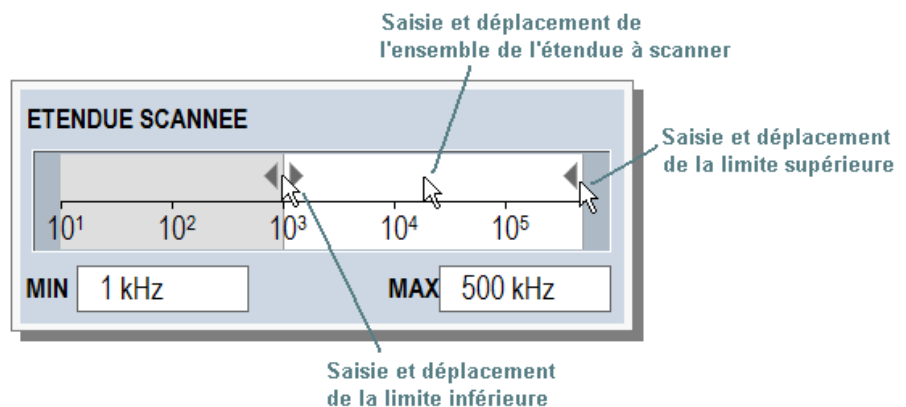


3. Afficher les quatre diagrammes



4. Régler l'étendue de fréquence scannée en ajustant les limites : de 50 Hz à 50 kHz par exemple

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



6. Lancer l'acquisition : bouton **Déclencher**

Oscillo5 crée un tableau de fréquences échelonnées entre 50 Hz et 50 kHz. Pour chacune d'elles, il applique une tension sinusoïdale à l'entrée du filtre, fait une acquisition sur 25 ou 50 périodes, extrait des 12 ou 25 dernières périodes les amplitudes (après vérification de fin de régime transitoire) et le déphasage ; puis calcule le gain ...

Si pour la fréquence courante les calibres 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, on peut choisir les diagrammes affichée, les échelles (logarithmique ou linéaire en fréquence, dB/linéaire en gain), activer les curseurs de mesure, afficher ou non le point critique sur le diagramme de Nyquist, rendre ce diagramme orthonormé.

Oscillo5 peut également réaliser la « correction de phase ». En effet, le résultat brut de la détermination du déphasage entre le signal d'entrée et le signal de sortie d'un filtre ne peut être compris qu'entre $-\pi$ et $+\pi$.

Oscillo5 tente cependant de déterminer la phase absolue (au-dessus de $+\pi$ et en-dessous de $-\pi$) en utilisant le fait que la phase ne peut être discontinue sur les filtres réels;

le fait que sur une branche asymptotique (donc rectiligne) du diagramme de gain la pente est un multiple entier k de 20 dB/décade et que la courbe de phase correspondante présente une partie horizontale proche du même multiple k de $\pi/2$.

Au début du scan, Oscillo5 suppose que la phase est comprise entre $-\pi$ et $+\pi$ et mémorise les valeurs brutes ainsi extraites (il trace la courbe de phase avec ces valeurs). Au cours du scan des fréquences, dès qu'au moins dix fréquences ont été acquises, il teste si la courbe du gain comporte une portion rectiligne finissant à la fréquence courante, de longueur minimale un tiers de décade et de pente proche d'un multiple entier de 20 dB/décade. Lorsque cela arrive, il en extrait le multiple k , puis détermine la phase effective; il se sert ensuite de cette valeur pour corriger les valeurs brutes déjà enregistrées et applique également la correction aux valeurs acquises ensuite.

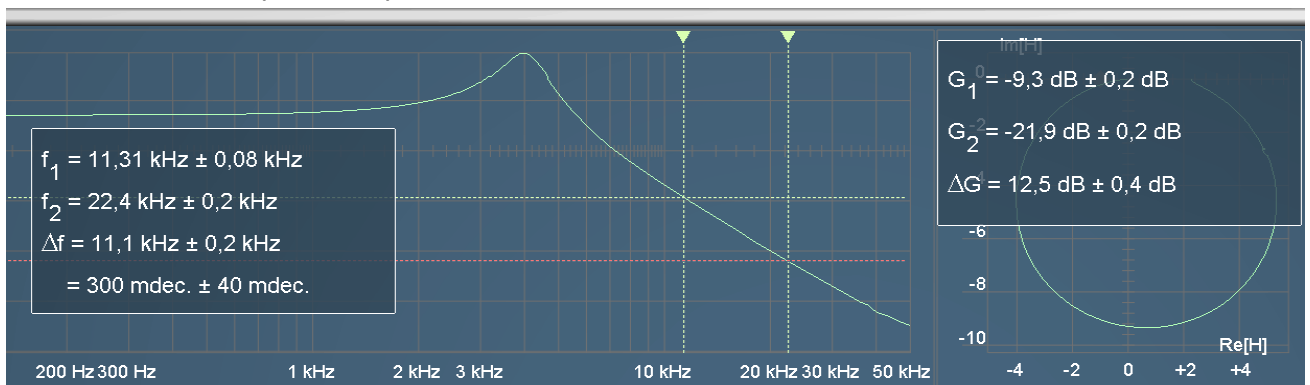
On peut donc quelquefois observer une mise à jour de la courbe de phase pendant l'acquisition.

Ce processus n'a pas toujours lieu: si l'intervalle de fréquence du scan est trop petit, ou si la courbe du gain ne possède pas de partie rectiligne suffisamment longue sur cet intervalle, la correction de la phase n'est pas effectuée; c'est à l'utilisateur de faire une éventuelle correction lors de l'exploitation.

7. Après l'acquisition : mesures sur écran.

Faire une mesure de pente sur le diagramme de gain (branche asymptotique)

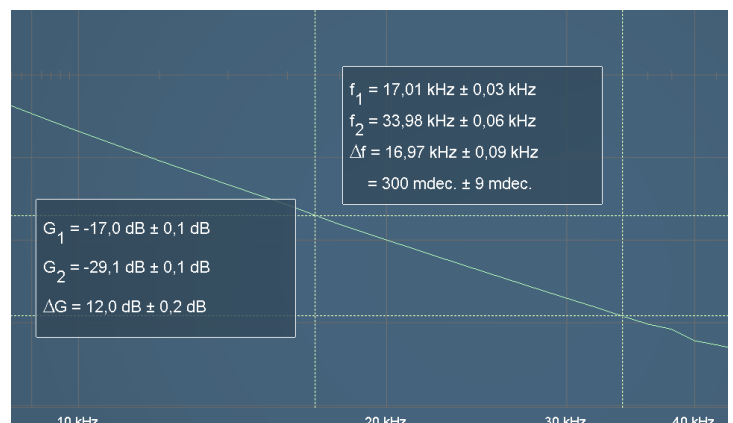
- Activer les curseurs de mesure
- Placer les deux curseurs verticaux sur la partie rectiligne descendante en les séparant de 300 mdB (= 1 octave)
- Positionner les deux curseurs horizontaux et vérifier que la pente est proche de - 12 db/octave, ce qui correspond à - 40 dB/dec. Le résultat :



- 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. On obtient précisément -12 db/octave.

Montrer la concordance entre la pente de la branche asymptotique -40 dB/déc. et la phase de $-\pi$. Mesurer

- le gain aux basses fréquences : $20 \log(K) \sim 7 \text{ dB}$, d'où $K \sim 2,2$



- la fréquence du pic ($f_0 \sim 4,0$ kHz)

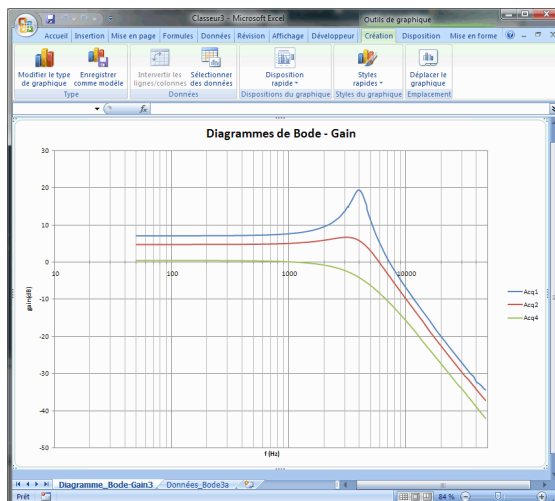
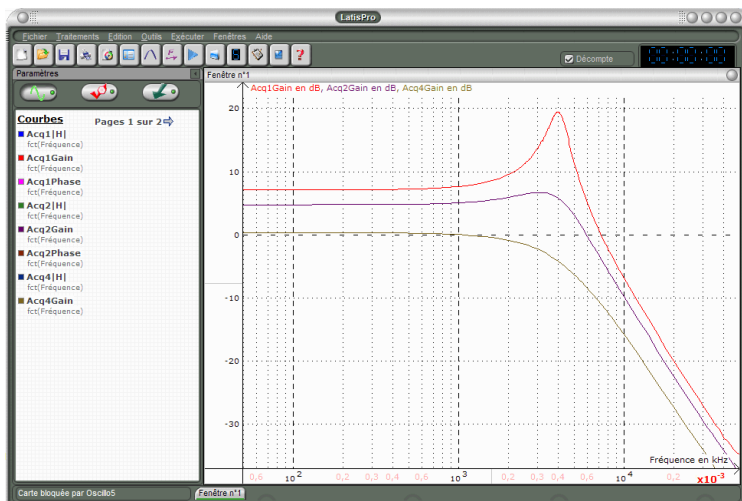
8. Acquisitions suivantes

a. Changer la valeur du potentiomètre R_3 , refaire une acquisition...

Si nécessaire, une acquisition mal réalisée peut être supprimée : il suffit d'appuyer sur le bouton « La dernière » en bas et à droite de la façade de l'oscilloscope.

Faire éventuellement une troisième acquisition...

b. Mémoriser, envoyer dans LATISPRO, et/ou Regressi, et/ou Excel et/ou OpenOffice.org Calc, imprimer...



III. Réponse indicielle (attaque avec échelon)

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

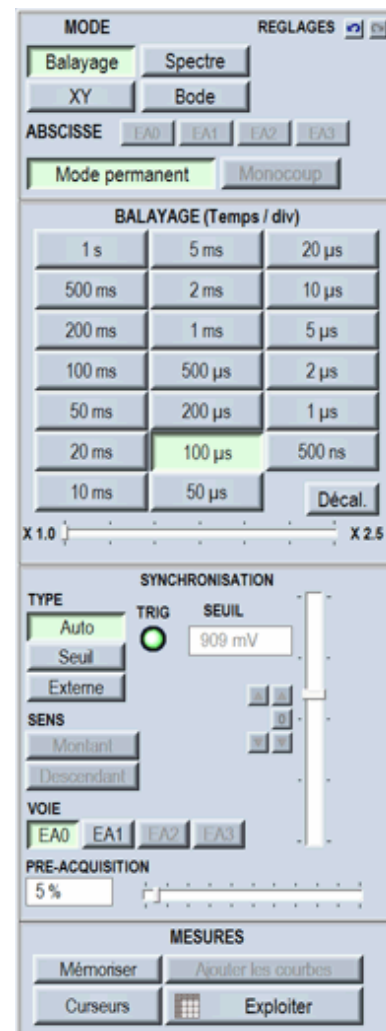
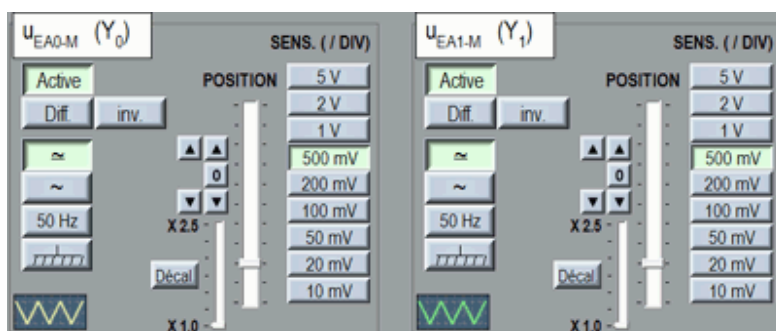
Revenir au réglage ayant donné un maximum de résonance (m minimal).

Ne rien changer d'autre au montage.

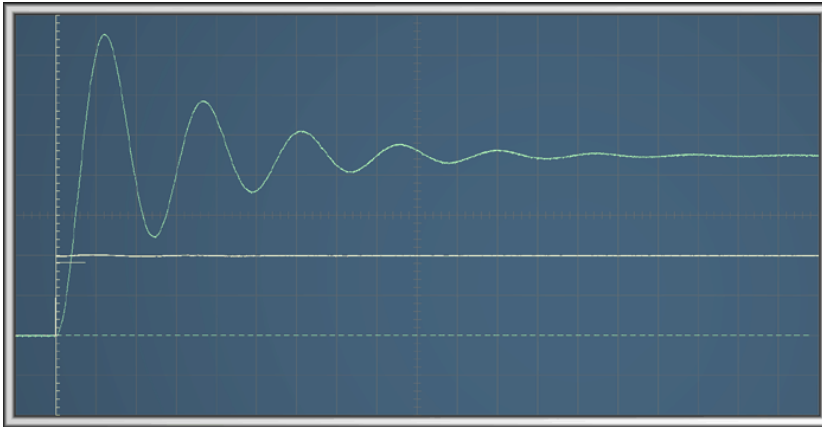
Régler le GBF1 comme suit :

Fréquence : 50 Hz, Amplitude 500 mV ; Forme : créneaux ; 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 l'oscilloscope comme suit :

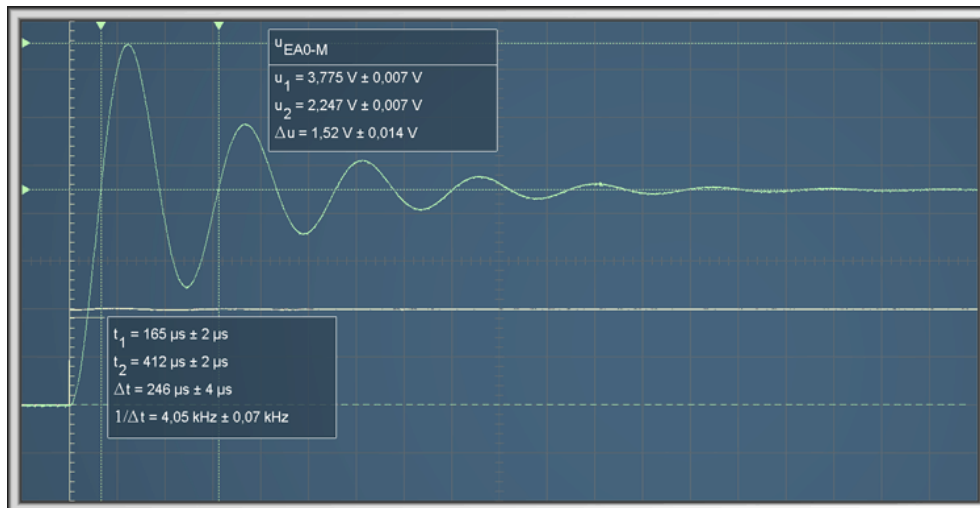


Le résultat :



Remarquer l'utilisation de la pré-acquisition, du décalage vertical (vers le bas) des courbes et de la synchronisation automatique sur la voie EA0.

Exemples de mesures :



Entre les deux curseurs horizontaux, on mesure la grandeur

$$D_1 = K.e^{-\frac{m \cdot \pi}{\sqrt{1 - m^2}}} \quad D_1 = \Delta u \sim 1,5V$$

Le curseur horizontal du bas donne la limite de la réponse indicielle : $u_2 = K \sim 2,2$

A partir de la formule $m = \frac{-\ln(\frac{D_1}{K})}{\sqrt{\pi^2 + (\ln(\frac{D_1}{K}))^2}}$, on trouve que $m \sim 0,15$.

Enfin,

sachant que la pseudo-période est $T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_0 \sqrt{1 - m^2}}$

on obtient : $\sim \omega_0 = \frac{2 \cdot \pi}{T \sqrt{1 - m^2}} \quad 2,6 \cdot 10^4 \text{ rad.s}^{-1}$ soit une fréquence propre $f_0 \sim 4,1 \text{ kHz}$

Pour finir, on peut modifier progressivement la valeur du potentiomètre (et donc m) en montrant en temps réel le changement sur la courbe. Revenir au réglage de R_3 donnant m minimal pour la suite.

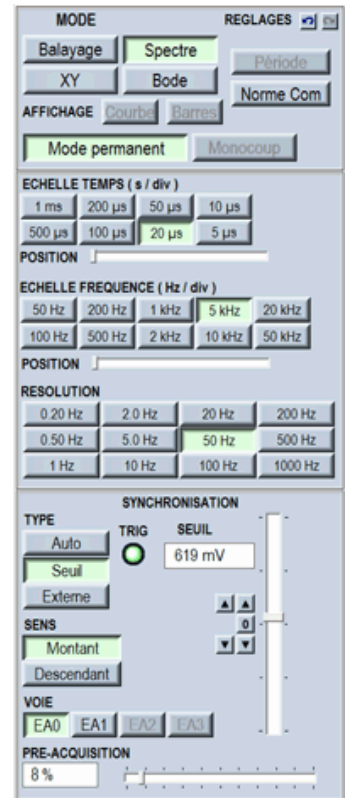
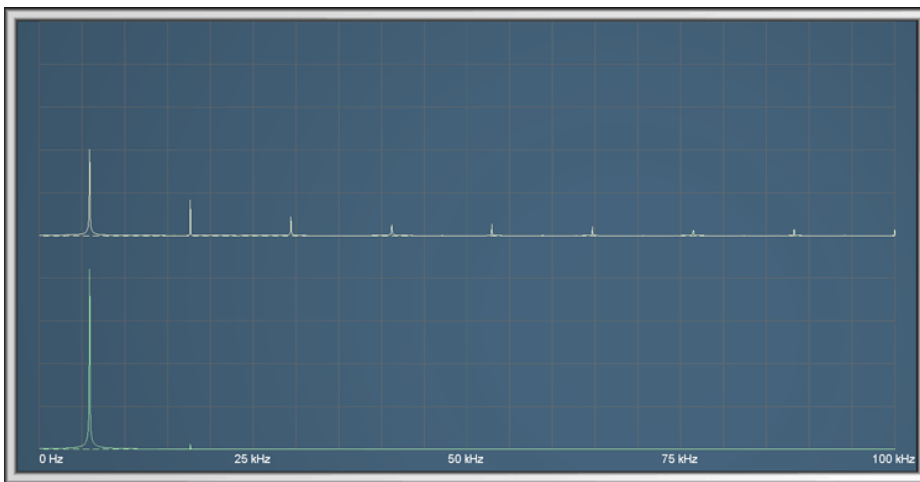
IV. Action du filtre sur un signal complexe

Injecter un signal en créneaux sur l'entrée du filtre, en réglant le GBF 1 comme suit :

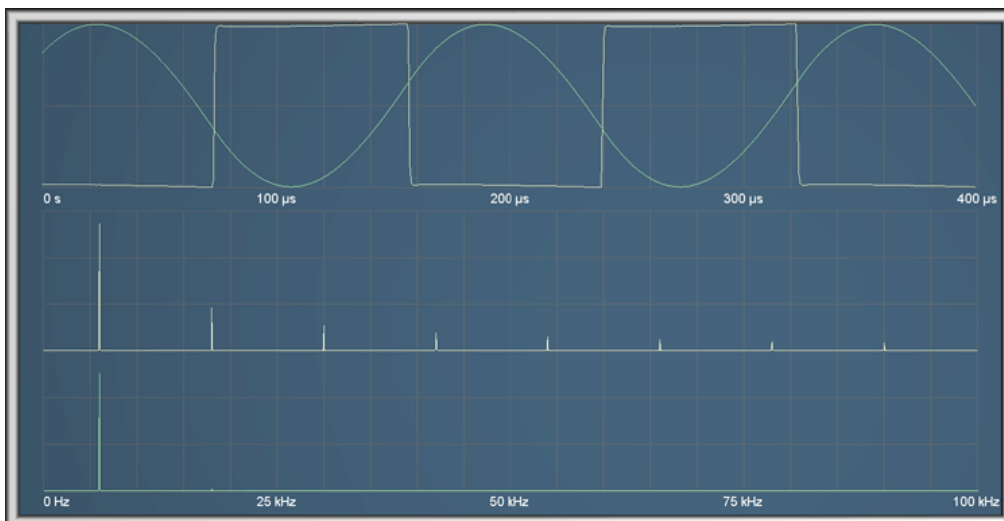
Signal : créneaux ; Fréquence : aux alentours de 6 kHz dans un premier temps ; Amplitude : 1V environ

Régler les deux entrées de l'oscilloscope sur $500 \text{ mV} \cdot \text{div}^{-1}$ et les autres paramètres comme ci-contre :

Les résultats : les spectres seuls



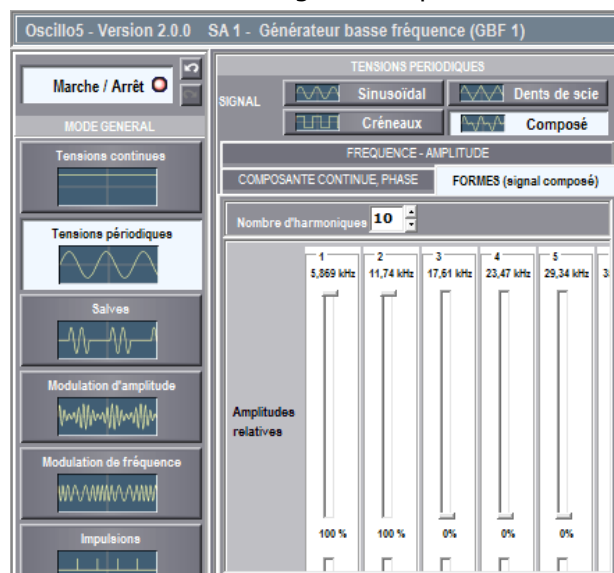
Les spectres et les signaux.



On illustre ainsi l'élimination par le filtre des harmoniques de rang supérieur ou égal à 3 (le signal en créneau ne comporte que les harmoniques de rang impair).

Pour voir ce qu'il en est avec l'harmonique de rang 2, utiliser la fonction « signal composé » du GBF1 pour créer un signal avec uniquement le fondamental et l'harmonique de rang 2 : régler le GBF1 comme ci-contre.

Des mesures sont possibles sur les fréquences et les amplitudes des harmoniques à l'aide des curseurs. On peut modifier la fréquence du signal



Bibliographie

Ce document est essentiellement basé sur

1. un document de TP de M. D. HAESSIG, du lycée Coufinal de STRASBOURG
2. un polycopié de cours de Sciences de l'Ingénieur réalisé par M. Pascal LECLERCQ, du Lycée KLEBER de Strasbourg.

Le 15/04/2010

J.-M. Thomas