

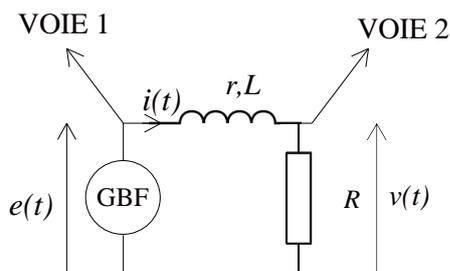


Contexte de la séance : Il s'agit ici d'effectuer différentes **opérations de filtrage** sur un signal triangulaire avec *offset*.

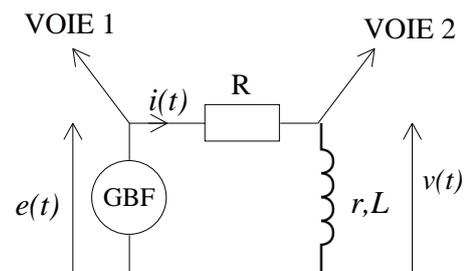
Compétences abordées :

- Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'un oscilloscope numérique ou d'une carte d'acquisition.
- Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquences données.
- Mesure directe à l'oscilloscope d'une tension, d'une période, d'une fréquence, d'un décalage temporel, d'un déphasage, passer d'un décalage temporel à un déphasage et inversement.
- Mettre en œuvre les fonctions de base de l'électronique (isolation, amplification, filtrage, sommation, intégration...)

1 – Calculs préliminaires



Filtre A



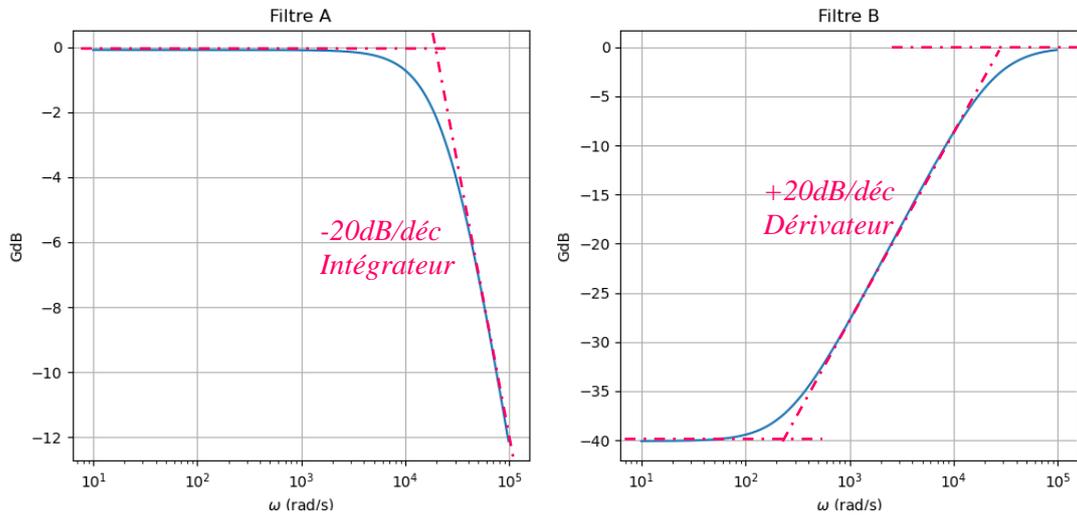
Filtre B

✍ Exprimer la fonction de transfert complexe $\underline{H} = \frac{v}{e}$ pour chacun des filtres présentés ci-dessus.

On posera les pulsations propres : $\omega_1 = \frac{r}{L}$ et $\omega_2 = \frac{r+R}{L}$

$\underline{H}_A = \left(\frac{R}{r+R} \right) \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_2}}$	$\underline{H}_B = \left(\frac{r}{r+R} \right) \frac{1 + j \frac{\omega}{\omega_1}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_2}}$
--	--

✍ Tracer l'allure du diagramme de Bode asymptotique relatif au gain de chaque filtre. On indiquera la pente des asymptotes obliques en dB/déc. On supposera $\omega_2 \gg \omega_1$.



Pour le tracé, on a choisi ici : $r \approx 10 \Omega$, $L \approx 40 \text{ mH}$, $R = 1 \text{ k}\Omega$.

Ainsi $\omega_1 = 250 \text{ rad.s}^{-1}$ et $\omega_2 = 25 \cdot 10^3 \text{ rad.s}^{-1}$

✍ Indiquer sur les graphes le domaine de pulsation donnant lieu à un comportement *intégrateur* ou *dérivateur* du filtre.

2 – Analyse spectrale du signal d’entrée

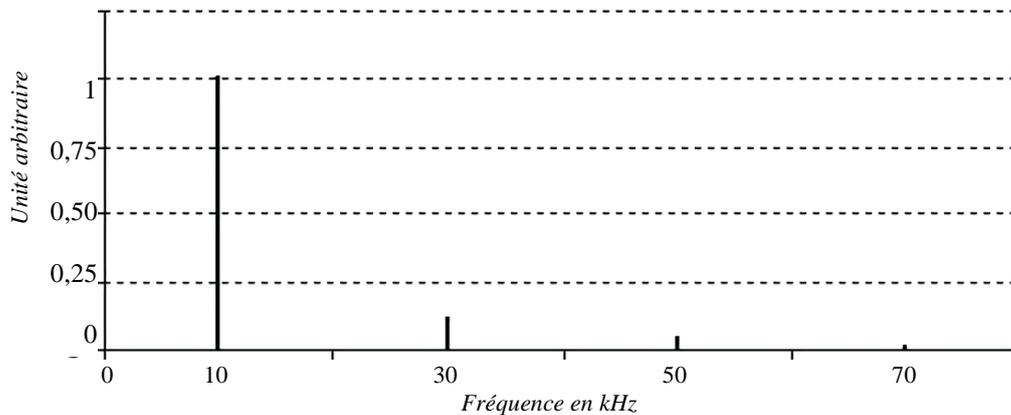
✂ Générer une tension périodique **triangulaire** de fréquence $f = 10 \text{ kHz}$ d’amplitude *pic to pic* valant 2 V et présentant un offset de 1 V à l’aide du GBF

✂ Visualiser ce signal sur la voie 1 de l’oscilloscope.

✂ Visualiser le spectre de ce signal (touche *Math*, opérateur *FFT*). On choisira l’unité de l’ordonnée en V_{RMS} (*Volt Root Mean Square*).

✍ Décrire ce spectre (fréquences et amplitudes des 4 premiers pics).

Quel pic attendu n’est pas représenté ?



Il manque un pic à la fréquence 0 et d’amplitude 1 V correspondant à l’*offset*.

3 – Choix motivés des filtres

3.1 – Filtre moyennneur

✍ Parmi les filtres A ou B, lequel peut réaliser la fonction de moyennneur ? A quelle condition sur sa pulsation de coupure ?

Un filtre moyennneur est un filtre passe bas dont la fréquence coupure est très inférieure à la fréquence du fondamental du signal.

On choisit donc ici le filtre A.

 Réaliser le montage de ce filtre à l'aide de la bobine que vous avez étudiée lors de la séance précédente. Choisir convenablement la valeur de R compte tenu de votre réponse à la question précédente.

On règle par exemple $R = 100 \Omega \rightarrow \omega_2 = 2,75 \cdot 10^3 \text{ rad.s}^{-1}$ soit $f_2 = 0,44 \text{ kHz} \ll f = 10 \text{ kHz}$.

 Attaquer le filtre avec la tension périodique générée par le GBF dans le paragraphe 2. Visualiser la tension de sortie.

 Le filtre choisi a-t-il bien extrait la moyenne du signal d'entrée ? Justifier par une mesure.

La tension de sortie est constante (modulée par de faibles oscillations) de valeur 2 V , celle de l'offset.

En effet, pour un signal alternatif symétrique présentant un offset, la valeur moyenne coïncide avec l'offset.

3.2 – Filtre à caractère intégrateur

 Parmi les filtres A ou B, lequel peut réaliser l'intégration du signal d'entrée ? A quelle condition sur sa pulsation de coupure ?

Un filtre a un caractère intégrateur dans un domaine de fréquences où le diagramme de Bode du gain est assimilable à une droite de pente -20dB/déc .

Il s'agit ici du filtre A, filtre passe bas du premier ordre. Le domaine d'intégration est ici $\omega \gg \omega_2$.

 Réaliser le montage de ce filtre.

Choisir convenablement la valeur de R compte tenu de votre réponse à la question précédente.

Le spectre du signal d'entrée doit se trouver dans le domaine d'intégration donc $\omega_2 < \omega_{\text{fond}}$.
 $f_2 = 0,44 \text{ kHz} \ll f = 10 \text{ kHz}$.

 Attaquer le filtre avec la tension périodique générée par le GBF dans le paragraphe 2. Visualiser la tension de sortie ainsi que son spectre.

 Le filtre choisi a-t-il bien intégré le signal d'entrée ? Justifier.

La tension de sortie est une succession d'arcs de paraboles raccordés, et de faible amplitude, traduisant bien l'intégration du signal triangulaire (i.e. affine par morceaux). L'offset est conservé.

3.3 – Filtre à caractère dérivateur

 Parmi les filtres A ou B, lequel peut réaliser la dérivation du signal d'entrée ? A quelle condition sur la valeur de R ?

Un filtre a un caractère dérivateur dans un domaine de fréquences où le diagramme de Bode du gain est assimilable à une droite de pente $+20\text{dB/déc}$.

Il s'agit ici du filtre B. Le domaine de dérivation est ici $\omega_1 \ll \omega \ll \omega_2$.

On choisit ici une valeur de R telle que $\omega_{\text{fond}} \gg \omega_1$ et $7\omega_{\text{fond}} \ll \omega_2$. Ainsi les 4 premiers harmoniques qui suffisent à synthétiser convenablement le signal triangulaire seront dérivés.

 Réaliser le montage de ce filtre.

Choisir convenablement la valeur de R compte tenu de votre réponse à la question précédente.

Pour respecter la condition précédente sur les pulsations, $R = 20 \text{ k}\Omega$ convient.

Ainsi $f_2 = 80 \text{ kHz}$.

Par ailleurs $f_1 = 40 \text{ Hz}$

 Attaquer le filtre avec la tension périodique générée par le GBF dans le paragraphe 2. Visualiser la tension de sortie ainsi que son spectre.

 Le filtre choisi a-t-il bien dérivé le signal d'entrée ? Justifier.

La tension de sortie est une tension rectangulaire qui correspond bien à la dérivée d'une tension triangulaire (i.e. affine par morceaux), ce que confirme le spectre.

L'offset est très atténué.

3.4 – Filtre coupleur AC

 Parmi les filtres A ou B, lequel peut fortement atténuer l'offset du signal d'entrée (couplage AC) ? A quelle condition sur la valeur de R ? La modification de R modifie ω_2 . Proposer un compromis pour réaliser au mieux le couplage AC.

Le couplage AC consiste à couper la composante continue du signal d'entrée. Il s'agit du terme de fréquence nulle de la décomposition en série de Fourier du signal d'entrée.

Ici, le gain statique du filtre B est $G_{0B} = \frac{r}{r+R}$. Il doit vérifier $G_{0B} \ll 1$

Par ailleurs, il faut conserver les autres termes spectraux. On doit donc vérifier $\omega_{fond} > \omega_2$.

 Réaliser le montage de ce filtre.

Choisir convenablement la valeur de R compte tenu de votre réponse à la question précédente.

On choisit $R = 100 \Omega \rightarrow \omega_2 = 2,75 \cdot 10^{13} \text{ rad.s}^{-1}$ et $G_{0B} = \frac{1}{11} = 0,09$

 Attaquer le filtre avec la tension périodique générée par le GBF dans le paragraphe 1.

 Le filtre choisi a-t-il bien réalisé le couplage AC ? Justifier.

L'offset est encore visible. Il n'a pas été suffisamment atténué.

 Proposer un autre montage, utilisant éventuellement des composants différents, qui réaliserait un meilleur couplage AC.

Un filtre passe haut de type CR série coupe la composante continue du signal. C'est cette solution qui est adoptée en entrée des oscilloscope lorsque le couplage AC est enclenché.
