

PSI* 2024 - 2025

TD PHYSIQUE N°1 - Electronique

EXERCICE 1 : Détermination des caractéristiques d'un filtre

On s'intéresse à un filtre dont la fonction de transfert est :
$$\underline{F}(j\omega) = \frac{v_s}{v_e} = \frac{F_0}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

On se propose de déterminer les caractéristiques F_0 , Q et ω_0 du filtre à partir des oscillogrammes obtenus en régime périodique pour une tension d'entrée v_e rectangulaire pour deux valeurs de fréquences.

On rappelle la décomposition en série de Fourier de $v_e(t)$ dans le cas où $v_e(t)$ est périodique de période T avec :

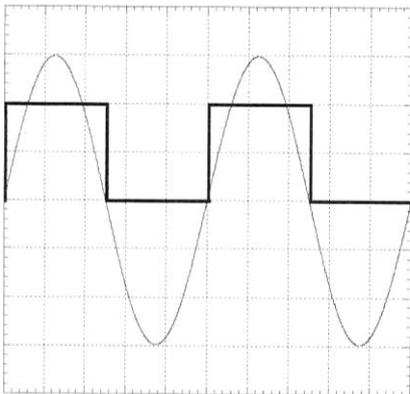
- pour $0 \leq t < T/2$: $v_e(t) = V_0$
- pour $T/2 \leq t < T$: $v_e(t) = 0$:

$$v_e(t) = V_0 \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{2k+1} \sin((2k+1)\omega_1 t) \right) \text{ avec } \omega_1 = \frac{2\pi}{T}$$

Les oscillogrammes des deux expériences réalisées sont donnés en bas de cette page.

1. Que peut-on dire des composantes continues de $v_e(t)$ et de $v_s(t)$ dans chaque expérience ? Donner leurs valeurs.
2. **Première expérience** : Interpréter physiquement l'oscillogramme de la tension de sortie ainsi que le commentaire de l'expérience ; déterminer les valeurs de f_0 , ω_0 et F_0 .
3. **Deuxième expérience** :
 - a. Déterminer la fréquence de la tension d'entrée ; comment se comporte le filtre pour les différents harmoniques de ce signal ? Justifier alors l'allure de l'oscillogramme de la tension de sortie.
 - b. Déterminer la valeur de Q .

Première expérience :

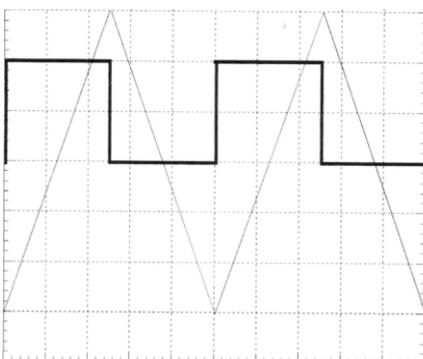


- voies 1 et 2 en position DC
- base de temps : $50 \mu\text{s}$ par carreau
- sensibilités :
 - voie 1 (en gras) : $0,5 \text{ V}$ par carreau
 - voie 2 : 2 V par carreau

Dans cette expérience :

- la tension v_s obtenue est quasi-sinusoïdale
- si on augmente la fréquence de v_e par rapport à la valeur correspondant à cet oscillogramme, on constate que l'amplitude de v_s diminue
- si, par rapport à cette même fréquence, on diminue légèrement la fréquence de v_e , on constate que l'amplitude de v_s diminue également.

Deuxième expérience :



- voies 1 et 2 en position DC.
- base de temps : $5 \mu\text{s}$ par carreau
- sensibilités :
 - voie 1 (en gras) : 2 V par carreau
 - voie 2 : $0,2 \text{ V}$ par carreau

EXERCICE 2 : Intégrateur inverseur

L'amplificateur opérationnel idéal fonctionne en régime linéaire selon le montage proposé sur la figure 3, ci-dessous :

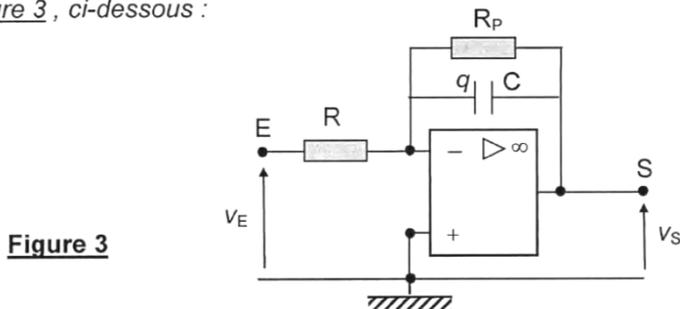


Figure 3

- C1.** Donner, sans effectuer de calcul, la nature du filtre ainsi constitué. Quelle opération réalise-t-il à basse fréquence ?
- C2.** Déterminer la fonction de transfert $H(j\omega) = v_S/v_E$ de ce filtre pour un signal d'entrée $v_E(t)$ sinusoïdal, de pulsation ω ; préciser sa pulsation de coupure ω_c .
- C3.** Représenter l'allure asymptotique des courbes de gain $G_{dB} = 20 \log(|H|)$ et de déphasage entrée-sortie $\varphi = \arg(H)$ en fonction de $\log(\omega/\omega_c)$.

La condition initiale sur la charge électrique est telle que : $v_S(0) = \frac{E_0 T}{4 RC}$.

- C4.** Rechercher dans quel domaine de pulsation le montage de la figure 3 réalise une intégration et une inversion du signal d'entrée. Placer ce domaine sur les graphes obtenus en C3.

La tension alternative d'entrée est un créneau, de période T et d'amplitude E_0 , dont la décomposition en série de Fourier s'écrit :

$$v_E(t) = \frac{4E_0}{\pi} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\sin[(2p+1)\omega t]}{2p+1}$$

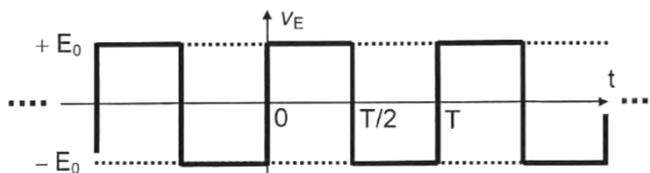


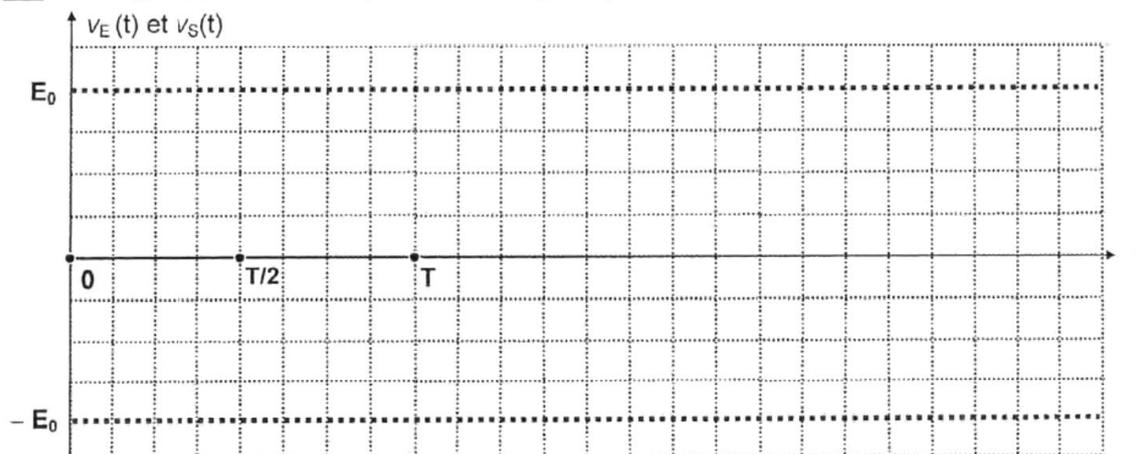
Figure 4

- C5.** Déterminer la tension de sortie $v_{Sn}(t)$ pour la composante $v_{En}(t)$ d'ordre $n = 2p + 1$ du signal d'entrée dans son domaine d'intégration.
- C6.** En déduire que le signal de sortie $v_S(t)$ admet la décomposition en série de Fourier :

$$v_S(t) = B \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\cos [(2p+1)\omega t]}{(2p+1)^2}$$

Préciser l'expression de B en fonction de E_0 , R , C et ω . Décrire la forme du signal de sortie $v_S(t)$. Représenter, sur le chronogramme 1 du document-réponse, l'évolution de $v_S(t)$ pour $R_p = 10R$ et $T = 2RC$.

C6. Intégrateur inverseur (schéma à compléter)



chronogramme 1

EXERCICE 3 : Stabilité

Considérons le montage de la figure 2 ci-dessus. L'amplificateur opérationnel est idéal. Dans son comportement intrinsèque, l'AO est un système linéaire du premier ordre. La tension de sortie v_S de l'AO est liée à la tension différentielle d'entrée ε par une équation différentielle linéaire du premier ordre qui s'écrit :

$$\tau \frac{dv_S(t)}{dt} + v_S(t) = A_d \varepsilon(t),$$

- $\tau \approx 10^{-2} \text{ s}$: constante de temps de l'amplificateur opérationnel ;
 - $A_d \approx 10^5$: coefficient d'amplification statique (ou gain en régime continu).
- B1.** Établir l'équation différentielle linéaire du premier ordre à laquelle obéit $v_S(t)$ en fonction de A_d , τ et $v_E(t)$. Le système est-il stable ou instable ? En déduire le mode de fonctionnement de l'AO.
- B2.** Évaluer numériquement la constante de temps τ_B caractéristique de l'évolution de $v_S(t)$. Commenter.

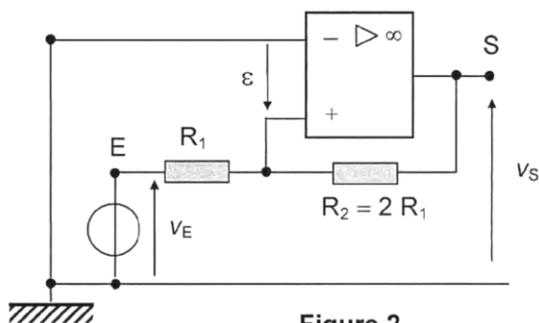


Figure 2