

TP4-3

Réponse fréquentielle et indicielle des circuits passifs du premier ordre : étude d'un circuit RC

- Thèmes:**
- Tracer le diagramme de Bode du filtre passif premier ordre de type passe bas (RC)
 - **Mesurer la fréquence de coupure $f_{c(-3dB)}$** : illustration de la méthode sur un filtre passe-bas (RC) ;
 - Étude de la réponse temporelle (indicielle) d'un circuit passif du premier ordre (RC)

PARTIE A : REPONSE FREQUENTIELLE

I) Travail à réaliser

I.1) Mesures à l'aide de l'oscilloscope virtuel

Réaliser le montage de la **figure 1** ci-dessous. Choisissez un signal sinusoïdal $e(t)$ d'amplitude 5V et de fréquence $f = 200$ Hz (pour commencer). Prendre $R = 10\text{ k}\Omega$ et $C = 15\text{ nF}$.

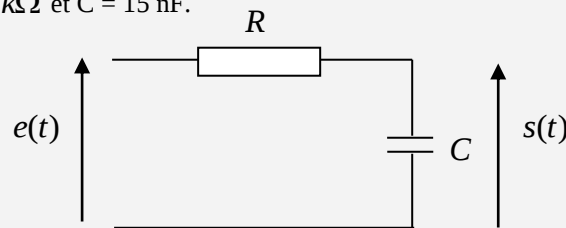


Figure 1.

1. Balayer le domaine des fréquences [allant de 50 Hz à 100 kHz]... Que dire de l'évolution de l'amplitude de la tension de sortie en fonction de la fréquence ? De quel type de filtre s'agit-il ?
2. **Mesurer la fréquence de coupure (à -3 dB) $f_{c(-3dB)}$ à l'oscilloscope.** Pour cela, suivre les deux étapes suivantes :
 - Choisir une fréquence du signal d'entrée $e(t)$ suffisamment basse et pour laquelle la valeur crête-à-crête du signal de sortie $s(t)$, notée $S_{c\text{-à-c(max)}}$, est maximale et les signaux de sortie et d'entrée en phase dans ce cas (à justifier).
 - Augmenter la fréquence du signal d'entrée $e(t)$ jusqu'à ce que la valeur crête-à-crête de $s(t)$ passe de $S_{c\text{-à-c(max)}}$ à $\frac{S_{c\text{-à-c(max)}}}{\sqrt{2}}$ ---- > cette valeur correspond à $f_{c(-3dB)}$**Comparer** la valeur de $f_{c(-3dB)}$ à f_0 calculée précédemment (voir calculs théoriques en I.2).
3. Mesurer avec l'oscilloscope les tensions crête à crête de $s(t)$ et les déphasages φ de $s(t)$ par rapport à $e(t)$ et remplir le tableau 1 (feuille de mesure). **Remarque : préciser le signe du déphasage.** Sur la feuille de papier semi-logarithmique (voir calculs théoriques) reporter vos points de mesures et tracer G_{dB} et φ en fonction de la fréquence.
4. Sur votre tableau de mesures pour la décade $f=10\text{kHz}$; $f=100\text{kHz}$ quelle est la variation du gain ? Déduire la pente de l'asymptote en dB par décade et la comparer à la valeur théorique.

VALIDATION 1 ENSEIGNANT



I.2) Calculs théoriques à faire sur le compte-rendu

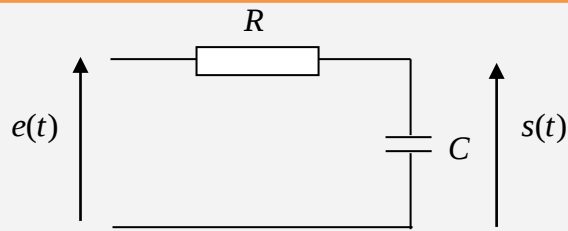


Figure 2.

La fonction de transfert de ce montage (figure 2) s'écrit : $\underline{H} = \frac{\underline{S}}{\underline{E}} = \frac{1}{1 + jRC\omega}$

$\underline{H}$ peut se mettre sous la forme : $\underline{H} = \frac{1}{1 + j\frac{f}{f_0}}$, avec $f_0 = 1/(2\pi RC)$;

1. Calculer la valeur numérique de la fréquence f_0 pour $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $C = 15 \text{ nF}$.
2. Exprimer le module $|\underline{H}|$ et l'argument φ de $\underline{H}$.
3. A quelle valeur tend le module $|\underline{H}|$ et à quelle valeur tend le déphasage φ quand f tend vers 0. Même question quand f tend vers ∞ .
4. Sur la feuille de papier semi-logarithmique (feuille des mesures – figure a), tracer les asymptotes du module de $|\underline{H}|$ en dB et de l'argument φ en basses et hautes fréquences. L'intersection des deux asymptotes se produit à la fréquence f_0 . (utilisez votre cours pour répondre à cette question)

VALIDATION 1 ENSEIGNANT

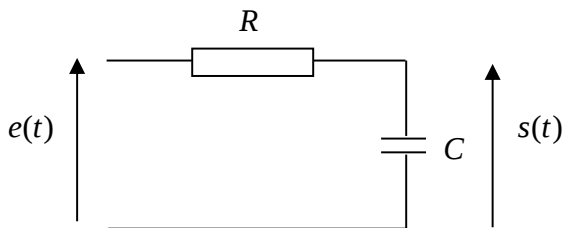


PARTIE B : REPONSE INDICIELLE

I.1. Travail à réaliser : Mesure de la constante de temps « τ_{exp} », temps de montée « t_m » et temps de réponse (t_r)

➤ On utilise le même circuit que précédemment (figure 1 en partie A)

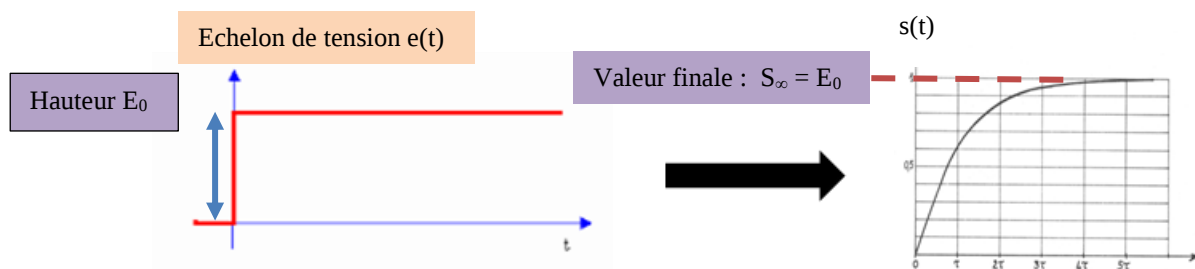
Changer la forme de $e(t)$ en choisissant un signal carré de hauteur 10V (et valeur moyenne nulle), de fréquence $f < 50\text{Hz}$. $R = 10\text{k}\Omega$ et $C = 15\text{nF}$.



$$e(t) = RC \frac{ds(t)}{dt} + s(t)$$

La solution est : $s(t) = E (1 - e^{-t/RC})$

Le temps $\tau = RC$ est appelé constante de temps du circuit



1. Calculer τ_{th} et à partir des éléments de calcul fournis en rubrique I.2 ci-dessous, de R et C .

À partir de la constante de temps (τ_{th}) déterminez la période minimum T_{min} puis la fréquence f_{max} maximale du signal à appliquer en entrée du circuit RC pour visualiser correctement la réponse indicelle du circuit.

Régler la fréquence du générateur à f_{max} . Vérifier que le signal de sortie s , aux bornes du condensateur, atteint **pleinement** sa valeur « finale » (correspondant ici à $s=e$).

2. Mesurer la constante de temps du circuit notée τ_{exp} (voir fichier « methodes_mesures »)

3. Mesurer le temps de montée $t_{m \text{ exp}}$ à l'aide de la méthode décrites (voir fichier « methodes_mesures »).

Comparer les valeurs mesurées et vérifier la précision de la fonction “measure” de l’oscilloscope.

Est-ce qu’elle permet une mesure correcte ?

4. Comparer τ_{exp} et τ_{th} . Expliquer l’origine d’un écart éventuel.

5. Mesurer le temps de réponse (t_r) (voir **fichier « methodes_mesures »**)

VALIDATION 2 ENSEIGNANT



I.2 Travail à réaliser : Mise en évidence de la fonction intégrateur du circuit RC

➤ **Rappel** : $e(t)$ est un signal carré (le même qu'en rubrique I.1 précédente de la partie B)

1. Avant de faire la mesure répondez à la question : lorsque le circuit est un intégrateur, quelle est la forme de la tension de sortie :

- si $e(t) = E = \text{cte} > 0$? Forme de $S(t) =$

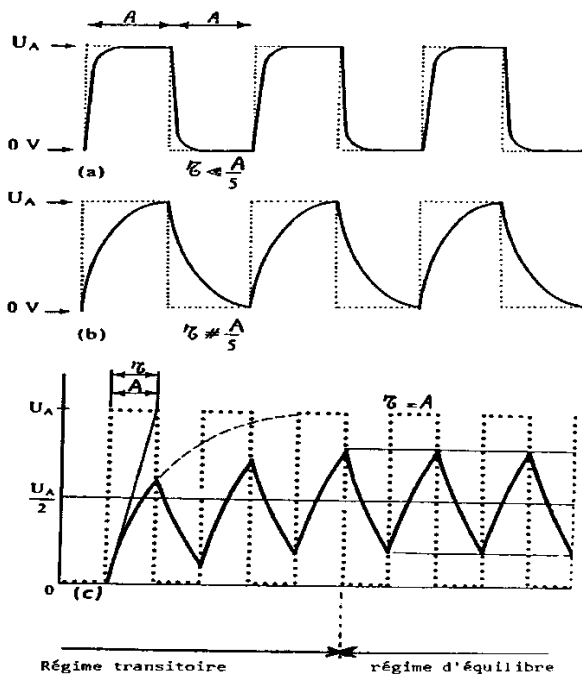
- si $e(t) = -E = \text{cte} < 0$? Forme de $S(t) =$

2. Augmenter (beaucoup) la fréquence du signal d'entrée, de façon à ce qu'en observant $s(t)$ à l'oscilloscope, on puisse considérer que le circuit se comporte comme un bon intégrateur . (**$s(t)$ est triangulaire pour un signal d'entrée carré**)

-Vérifier que $f_{\text{int}} > 20f_c$ avec $f_c = 1/(2\pi\tau)$

Remarque : ce circuit n'étant jamais un intégrateur parfait, le choix de cette fréquence se fera arbitrairement lorsqu'on considèrera à partir de l'observation (à l'oscilloscope), que la forme théorique de $s(t)$ (une droite) est obtenue.

Forme du signal en fonction du rapport T/τ



$T/2 \gg 5\tau$, soit $T/\tau \gg 10$
 $S(t)$ atteint pleinement sa valeur finale

$T/2 \approx 5\tau$, soit $T/\tau \approx 10$
 $S(t)$ n'atteint pas sa valeur finale

$T/2 \approx \tau$, soit $T/\tau \approx 2$
 $S(t)$ n'atteint pas sa valeur finale

3. Comparer la période T_{int} à la valeur de τ .

4. On appelle fréquence de coupure du circuit $f_c = 1/(2\pi\tau)$.

- Calculer f_c puis le rapport f_{int}/f_c .

- Vérifier que ce rapport est supérieur à 20, lorsque le circuit a un bon caractère intégrateur.

5. A cette fréquence (f_{int}), représenter l'allure de $e(t)$ et $s(t)$?

VALIDATION 3 ENSEIGNANT

