

TP-E07 : Intégrateur et pseudo-intégrateur

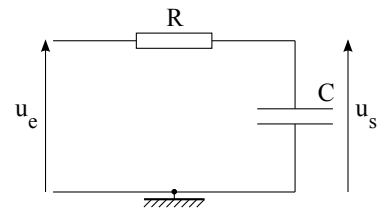
Nous allons étudier au cours de cette séance de T.P. deux montages permettant d'intégrer un signal, à certaines fréquences.

1 Montage pseudo-intégrateur : le filtre RC passe-bas du premier ordre

1.1 Étude théorique fréquentielle du filtre

On réalise le montage ci-contre avec $R = 10\text{ k}\Omega$ et $C = 100\text{ nF}$

- Quelle est la fonction de transfert de ce circuit ?
- Tracez l'allure théorique de son diagramme de Bode en gain et en phase.



1.2 Caractère intégrateur de ce montage

- Quelle est l'expression approchée de la fonction de transfert de ce montage :
 → aux fréquences faibles devant la fréquence de coupure du montage ?
 → aux fréquences grandes devant la fréquence de coupure du montage ?
- Dans quel domaine de fréquences ce montage est-il intégrateur ?
- Dans ce cas, si $u_e(t)$ est un signal crêteau, quelle sera alors l'allure de $u_s(t)$?

1.3 Étude expérimentale

- Vérifiez le caractère pseudo-intégrateur de ce montage avec un signal d'entrée crêteau.
- Dessinez $u_s(t)$ pour $f < f_c$ et $f_c < f$ où f_c est la fréquence de coupure du montage. Dans ce dernier cas, comparez la pente de $u_s(t)$ avec celle prévue par le calcul.

2 Utilisation de l'amplificateur opérationnel pour réaliser l'intégration d'un signal

On utilise ici un amplificateur opérationnel TL081. L'amplificateur opérationnel ne sert pas uniquement à amplifier une tension, il sert aussi (et surtout) à réaliser des opérations sur les tensions.

On utilise pour simplifier dans cette partie le modèle de l'amplificateur idéal

2.1 Montage intégrateur

2.1.1 Aspect théorique

- Déterminer l'expression de la fonction de transfert $\underline{H} = \underline{u_s}/\underline{u_e}$.
- En déduire le lien entre $u_s(t)$ et $u_e(t)$.

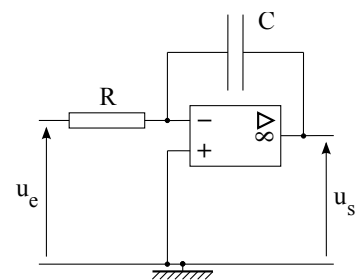
2.1.2 Aspect expérimental

- Réaliser le montage en prenant $R = 10\text{ k}\Omega$ et $C = 100\text{ nF}$.
- Prendre pour $u_e(t)$ une tension en crêteau à 1 kHz .
- Observer le signal $u_s(t)$. On pourra court-circuiter le condensateur à l'aide d'un fil, ce qui permet de le décharger, puis enlever le court-circuit. Conclusion.

2.1.3 Interprétation

Il faut pour interpréter le phénomène observé, tenir compte d'un défaut supplémentaire de l'amplificateur opérationnel non évoqué jusqu'ici. Il s'agit de l'existence de courants i^+ , i^- faibles mais non nuls.

Dans ce montage, une partie du courant i^- vient charger le condensateur et on observe une augmentation de la tension à ses bornes, donc une augmentation de $u_s(t)$.

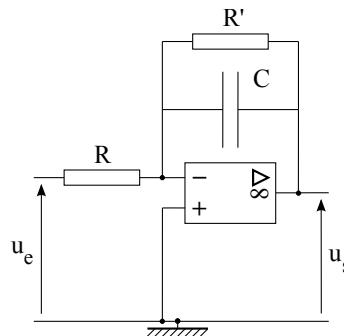


2.2 Montage pseudo intégrateur

2.2.1 Aspect expérimental

- Modifier le montage précédent en plaçant en parallèle du condensateur une résistance $R' = 100 \text{ k}\Omega$.
- Prendre pour $u_e(t)$ une tension en créneau, et observer la tension $u_s(t)$. Mesurer la pente de $u_s(t)$.

Remarque : Si $u_e(t)$ présente un offset, même faible, cet offset est intégré aussi par le montage et peut entraîner la saturation. Il faut donc à l'aide du bouton Offset du GBF (tiré) régler cet offset à 0, ou ajouter $C' = 470 \text{ nF}$ en série avec R .



2.2.2 Aspect théorique

Première explication : Dans le montage intégrateur, le courant continu i^- charge le condensateur et celui-ci ne peut se décharger.

Le rajout de la résistance R' permet une décharge du condensateur

et évite ainsi la saturation. De plus, on a choisi $R' \gg |1/jC\omega|$ pour ne pas trop perturber le montage, qui reste intégrateur aux fréquences où cette inégalité est respectée.

Deuxième explication : Donner le schéma équivalent des montages intégrateur et pseudo intégrateur en régime continu. Conclure quant à la stabilité de chacun de ces montages.

Toujours en considérant le gain de l'amplificateur opérationnel infini, déterminer la fonction de transfert du montage et la mettre sous la forme

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + j\omega/\omega_0}$$

En déduire le comportement de ce montage aux basses fréquences ($\omega \ll \omega_0$), et aux hautes fréquences ($\omega_0 \ll \omega$).

- Dans quel domaine de fréquences le montage est-il intégrateur ?
- Quelle est l'allure de $u_s(t)$ si $u_e(t)$ est une tension créniaux ?
- Comparer la valeur théorique de la pente de $u_s(t)$ avec la valeur expérimentale.

2.3 Opérateur valeur moyenne

Un signal périodique peut-être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux :

$$u_e(t) = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t))$$

où U_0 est la composante continue (ou moyenne) de $u_e(t)$, que l'on prendra non nulle ici.

En utilisant le montage pseudo intégrateur et les résultats concernant la fonction de transfert de ce montage, déterminer à quelle condition sur T (période de $u_e(t)$), ce montage peut être considéré comme effectuant l'opération valeur moyenne du signal d'entrée : c'est à dire à quelle condition il laisse passer la composante continue, de fréquence nulle, sans laisser passer les composantes alternatives de fréquences f , $2f$, $3f$, etc.

Étude expérimentale : choisir un signal $u_e(t)$ sinusoïdal, créneau ou triangle, avec une composante continue non nulle (offset). Vérifier que si la fréquence de $u_e(t)$ est bien choisie, $u_s(t)$ est une tension continue.

NB : le gain du montage pour cette composante continue est $|-R'/R|$, donc ici de l'ordre de 100. Il faut donc choisir $U_0 < 100 \text{ mV}$ pour éviter la saturation de l'AO (utiliser le bouton atténuation du GBF).