

Objectifs	Réaliser un filtre à ALI – Étudier ses caractéristiques, et la comparer à celles attendues.			
Thèmes	Filtre intégrateur			
Matériel sur les paillasse élèves	ALI LM741 Alimentation $\pm 15\text{ V}$	GBF Oscilloscope	Boite à décades résistances Boite à décades capacités	Multimètre Plaquette connexions
Sécurité	Les ALI sont <b>fragiles</b> ! Il est nécessaire de <b>toujours</b> les alimenter en $\pm 15\text{ V}$ <b>avant</b> de réaliser les montages.			

## TABLE DES MATIERES

I - PARTIE THÉORIQUE : MONTAGE INTEGRATEUR HAUTE-FRÉQUENCE	1
I.1 - Caractéristiques de l'ALI idéal et réel	1
I.2 - Montage intégrateur haute-fréquence	1
II - PARTIE EXPÉRIMENTALE	2
II.1 - Vérification du bon fonctionnement de l'ALI	2
II.2 - Étude du montage intégrateur : diagramme de Bode	2
II.3 - Étude du montage intégrateur : effet intégrateur	2
II.4 - Étude du montage intégrateur : effet passe-bas	2

## I - PARTIE THÉORIQUE : MONTAGE INTEGRATEUR HAUTE-FRÉQUENCE

### I.1 - Caractéristiques de l'ALI idéal et réel

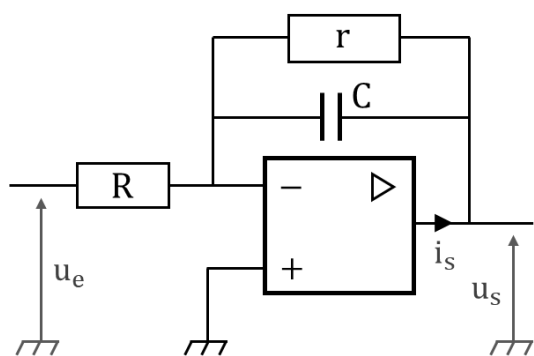
Schéma de l'ALI	Fonction de transfert harmonique	Caractéristique idéale statique
	$\underline{H}(\omega) = \frac{\mu_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}}$ <p>Valable tant que le slew rate n'est pas atteint.</p>	

Les caractéristiques correspondant à l'ALI LM741 utilisés lors de cette séance (indiquées dans la notice d'utilisation) sont :

Gain statique : $\mu_0 = 10^5$ Fréquence de coupure : $f_c \approx 10\text{ Hz}$	Résistance d'entrée : $R_e = 10\text{ M}\Omega$ Courants de polarisation : $i^+ = i^- = 80\text{ nA}$	Slew rate : s. r. $\sim 0,5\text{ V} \cdot \mu\text{s}^{-1}$ Tension d'offset max : $V_{\text{off}} = 6\text{ mV}$
---	--	---

### I.2 - Montage intégrateur haute-fréquence

Le montage intégrateur haute fréquence est un montage classique permettant d'intégrer des signaux rapidement oscillants, sans pour autant intégrer les composants continues qui pourraient rapidement faire passer l'ALI en régime de saturation. On rappelle ci-dessous le montage correspondant, ainsi que le raisonnement permettant d'identifier la fonction de transfert :



L'association en parallèle des impédances  $r$  et  $1/jC\omega$  donne un dipôle équivalent  $Z_{\text{eq}} = \frac{r}{1 + jrC\omega}$ . La loi des nœuds en termes de potentiels appliquée à l'entrée (-) donne alors :

$$\frac{u_e - v_-}{R} + \frac{v_- - u_s}{Z_{\text{eq}}} = 0 \quad (\text{car } i_+ = i_- \approx 0)$$

Dans le modèle de l'ALI idéal, on a  $\epsilon = 0$ , ce qui se traduit ici par  $v_+ = v_- = 0$  (car l'entrée (+) est directement connectée à la masse). On a alors simplement :

$$\frac{u_e}{R} - \frac{u_s}{Z_{\text{eq}}} = 0$$

On peut alors extraire la fonction de transfert  $\underline{H}$  et la pulsation de coupure  $\omega_c$  :

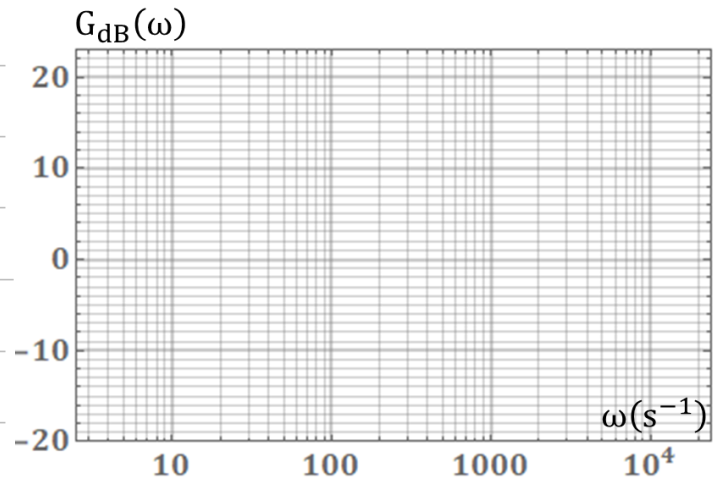
$$\underline{H} = \frac{u_s}{u_e} = -\frac{r}{R} \cdot \frac{1}{1 + jrC\omega} = -\frac{r}{R} \cdot \frac{1}{1 + j\omega/\omega_c} \quad (\text{avec } \omega_c = \frac{1}{rC})$$

L'étude de cette fonction de transfert permet de tracer le diagramme de Bode asymptotique (on tracera le diagramme pour les valeurs qui seront utilisées dans le montage :  $R \approx 1\text{ k}\Omega$ ,  $r \approx 10\text{ k}\Omega$  et  $C \approx 100\text{ nF}$ ).

1. Faire l'étude à basse et hautes fréquences ci-dessous, et puis tracer le diagramme de Bode asymptotique dans le graphique fourni.
2. Dans quel intervalle de pulsations le filtre se comporte en intégrateur parfait ? Quel est l'effet sur le signal lorsque le filtre n'intègre pas ?

Asymptote basses fréquences ( $\omega \ll \omega_c$ ) \_\_\_\_\_

Asymptote hautes fréquences ( $\omega \gg \omega_c$ ) \_\_\_\_\_



## II - PARTIE EXPÉRIMENTALE

### II.1 - Vérification du bon fonctionnement de l'ALI

**Rappel :** Les ALI sont fragiles ! Il est nécessaire de toujours les alimenter en  $\pm 15\text{ V}$  avant de réaliser les montages.

Réaliser un **comparateur simple** entre une tension sinusoïdale et la masse pour s'assurer du bon fonctionnement de l'ALI.

### II.2 - Étude du montage intégrateur : diagramme de Bode

Réaliser le montage intégrateur haute-fréquence avec les valeurs  $R \simeq 1\text{ k}\Omega$ ,  $r \simeq 10\text{ k}\Omega$  et  $C \simeq 100\text{ nF}$ .

En utilisant en entrée un signal sinusoïdal  $u_e(t) = E_0 \cos(\omega t)$  avec  $E_0 \simeq 5\text{ V}$  et  $\omega$  variable, tracer le diagramme de Bode expérimental en gain. Comparer alors au résultat théorique attendu tracé précédemment (pentes, pulsation de coupure, etc.)

### II.3 - Étude du montage intégrateur : effet intégrateur

On garde les mêmes les valeurs des composants :  $R \simeq 1\text{ k}\Omega$ ,  $r \simeq 10\text{ k}\Omega$  et  $C \simeq 100\text{ nF}$ .

Dans un second temps, on modifiera le signal  $u_e(t)$  : on prend un signal carré. La décomposition de Fourier de ce signal s'écrit :

$$u_e(t) = \langle u_e \rangle + \frac{4E_0}{\pi} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{2k+1} \sin((2k+1)\omega t)$$

**Attention :** contrairement à ce qui pourrait paraître, ce signal ne contient que les harmoniques impaires ( $\omega, 3\omega, 5\omega, \dots$ ) d'amplitude décroissante ( $1, 1/3, 1/5, \dots$ )

En utilisant en entrée un signal  $u_e(t)$  carré, puis triangle, d'amplitude  $E_0 \simeq 5\text{ V}$ , se placer à une pulsation  $\omega$  pour laquelle toutes les fréquences du spectre seront intégrées. Prévoir alors l'effet du filtre sur un signal carré et triangulaire, puis vérifier la cohérence avec la sortie  $u_s(t)$  obtenue expérimentalement.

### II.4 - Étude du montage intégrateur : effet passe-bas

On garde les mêmes les valeurs des composants :  $R \simeq 1\text{ k}\Omega$ ,  $r \simeq 10\text{ k}\Omega$  et  $C \simeq 100\text{ nF}$ . On sélectionne la pulsation  $\omega = \omega_c/10$  et on applique au filtre une tension  $u_e(t)$  créneau.

3. Quel comportement du filtre peut-on prévoir pour les trois premières harmoniques ? Pour les suivantes ? À quoi peut-on s'attendre pour le signal de sortie ?

En utilisant en entrée le signal  $u_e(t)$  créneau, acquérir le signal de sortie à l'aide des plaquettes d'acquisition SYSAM et du logiciel Latis-pro. Comparer le spectre de la sortie et celui de l'entrée.