II – Montages à base d'ALI

Objectifs :

- Analyser/Raisonner : choix des composants, **les calculs d'incertitude que l'on n'oubliera pas de faire même si c'est non mentionné**
- Réaliser : montages à base d'ALI
- S'approprier : FFT, les défauts de base de l'ALI.
- Valider/Communiquer : utiliser les incertitudes afin de valider le modèle.

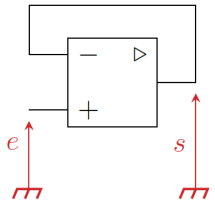
Matériel à disposition :

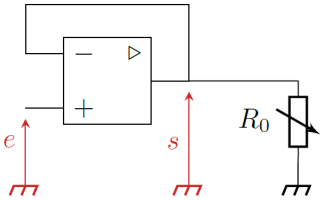
- 1 Oscilloscope numérique Keysight avec câbles coaxiaux, et T…
- 1 GBF FI 5505 GA qui servira à la wobulation externe.
- 1 deuxième GBF : FI, Metrix ou Enertec.
- 1 alimentation +15V/0/-15V pour l'ALI
- 1 plaquette Labdec et des fils de connexion adaptées
- 1 multimètre Fluke
- 2 boîtes de résistances à décade
- 1 boîte de capacités à décade
- Des composants libres : 1 TL081, des résistances (1kΩ), des capacités (1µF),…
- 1 RLC-mètre.
- Les notices des différents appareils de mesure.

Pratiques expérimentales : Électricité		
Montages utilisant un amplificateur linéaire intégré (ALI).	Mettre en œuvre divers montages utilisant un ALI, les schémas des montages étant fournis.	On va découvrir l'ALI en mode linéaire et saturé.

I – L'ALI en mode linéaire

I-1) Montage suiveur





Q1) Rappeler la relation entre s et e dans le cas du montage suiveur.

On va mettre en évidence grâce à ce montage un défaut de l'ALI : « la saturation en courant ». Pour cela placer une résistance variable R_0 à la sortie du montage suiveur.

Q2) Exprimer le courant de sortie de l'ALI i_s qui circule dans R_0en fonction de s et R_0.

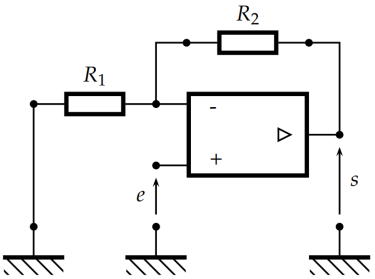
- Réaliser le montage suiveur sur votre plaque « labdec ».
- Choisissez un signal sinusoïdal de fréquence 100Hz et d'amplitude de 10V pour la tension d'entrée et baisser la résistance jusqu'à ce que la sortie sature. En déduire le courant de saturation, en effectuant la moyenne de la valeur positive et négative de i_{sat}.

Q3) Comparer cette valeur du courant de saturation avec la feuille de données de l'ALI (data sheet). Conclure.

Q4) Comment peut-on être sûr qu'il s'agit d'une saturation en courant et non en tension.

I-2) Montage non-inverseur

i- Saturation en tension



Q5) Établir la relation entre s et e du montage suivant.

- Réaliser le montage sur votre plaque « labdec ». Choisissez R_2 et R_1 de façon à avoir $2 < \frac{R_2}{R_1} < 10$.
- Observer la tension de sortie et d'entrée, en mode temporel, pour un signal d'entrée de fréquence 100Hz et d'amplitude 1V puis 5V. Quelle est la valeur de la saturation en tension à la sortie.
- Observer la caractéristique dynamique du montage c'est-à-dire $s = f(e)$ en utilisant le mode XY de l'oscilloscope pour une amplitude élevée.

Q6) Représenter la caractéristique obtenue, et préciser les zones où la saturation en tension s'exerce.

Q7) Dans la zone linéaire, donnez la valeur de la pente. En déduire la valeur de $\frac{R_2}{R_1}$. Comparer les deux mesures avec leur incertitude (on pourra utiliser l'Ohmmètre ou RLC mètre).

ii- Montage non linéaire

Observer la FFT du signal de sortie :

- En l'absence de saturation.
- En présence de forte saturation.

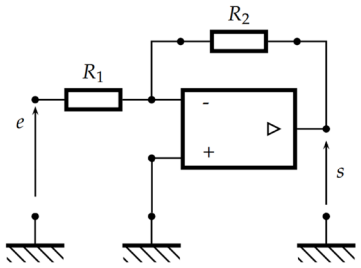
Représenter les spectres obtenus. Conclure sur la nature du montage suivant les deux cas : linéaire ou non linéaire.

iii- Slew Rate

La tension de sortie d'un ALI idéal est capable de suivre instantanément les variations de la tension d'entrée. Il s'agit toutefois d'un modèle : les variations de la tension de sortie d'un ALI réel ne peuvent pas être instantanées. Elles sont bornées par le slew rate (vitesse de balayage), qui s'exprime en $\mathrm{V \cdot \mu s^{-1}}$.

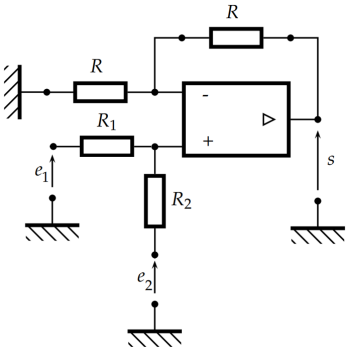
- Envoyez un signal sinusoïdal en entrée, puis augmenter progressivement la fréquence jusqu'à ce que le signal de sortie se triangularise sans saturer. Mesurer alors la pente de ce signal.
- Comparer la valeur du slew-rate obtenu à la data sheet.

I-3) Montage inverseur



Q8) Calculer la fonction de transfert de ce montage. Conclure sur le nom donné à ce montage.

I-4) Montage sommateur non inverseur

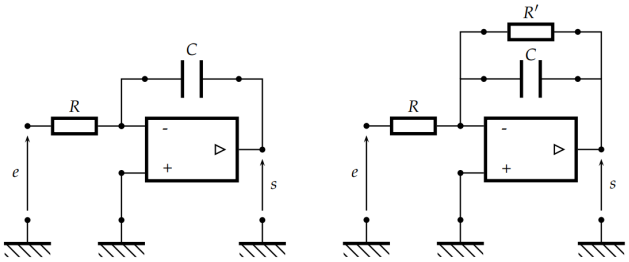


Q9) Calculer la tension s en fonction de e_1 et e_2. Que devient le résultat si toutes les résistances sont égales.

- Réaliser le montage, et choisissez judicieusement deux signaux dont on voit bien que la sortie est la somme des deux entrées.

Remarque : il existe aussi des montages sommateur inverseur, des montages soustracteurs…

I-5) Montage intégrateur et dérivateur



Q10) Calculer la fonction de transfert de ces deux montages, puis donner le lien entre s et e pour ces deux montages. Expliquer alors le nom donné au montage intégrateur.

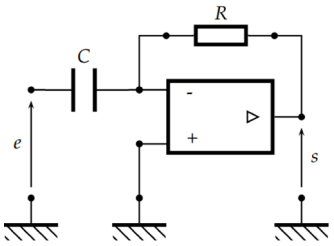
Q11) Supposons $e(t) = u_0 + u_m \cos(\omega t)$, donnez alors la solution $s(t)$ pour le montage intégrateur. Quelle limite de fonctionnement de l'ALI empêche le montage de jouer son rôle d'intégrateur. (u_0 apparaît facilement dans ce type de montage car par sa conception l'ALI possède une tension de dérive qui même faible va diverger à la sortie)

Q12) En représentant l'allure du diagramme de Bode en gain du montage pseudo-intégrateur. Expliquer à quelle condition le montage pseudo-intégrateur remplit son rôle.

- Réaliser le montage pseudo-intégrateur avec $C = 100\ nF, R = 1\ k\Omega\ et\ R' = 20k\Omega$.
- Observer la sortie obtenue si l'entrée est de forme sinusoïdale, carré ou triangulaire.

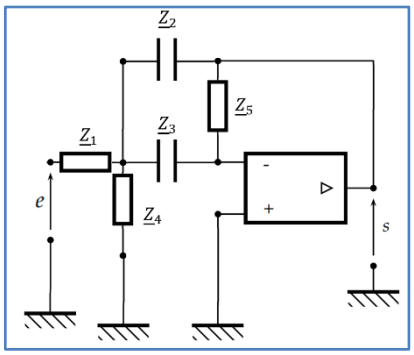
Q13) Expliquer le choix de la valeur de R'

Remarque : il existe aussi un montage dérivateur dont le schéma est le suivant :



Q14) Démontrer le lien entre s(t) et e(t). En déduite qu'il s'agit bien d'un montage dérivateur.

I-6) Filtre actif type passe-bande *(pour les plus rapides)*



On considère la structure de Rauch ci-dessus dont on démontre que la fonction de transfert peut s'écrire :

$$\underline{H} = -\frac{\underline{Y_1}\underline{Y_3}}{\underline{Y_2}\underline{Y_3} + \underline{Y_5}(\underline{Y_1} + \underline{Y_2} + \underline{Y_3} + \underline{Y_4})}\ où\ \underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$$

Cette structure, avec un choix de composants judicieux permet de réaliser les quatre types de filtres d'ordre 2.

Q15) Démontrer qu'avec le choix des composants proposés :

$$\underline{Y_1} = \frac{1}{R_1}, \underline{Y_2}\underline{Y_3} = (jC\omega)^2, \underline{Y_4} = \frac{1}{R}, \underline{Y_5} = \frac{1}{R_2}$$

On réalise un filtre passe bande tel que :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}\ où\ H_0 = -\frac{R_2}{2R_1}, Q = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{R_2(R + R_1)}{R\ R_1}}\ et\ \omega_0 = \sqrt{\frac{R + R_1}{RR_1R_2C^2}}$$

- Réaliser le filtre avec $R_1 = R_4 = R = 1k\Omega, R_2 = 10k\Omega\ et\ C = 10\mu F$.

On va chercher à obtenir le plus rapidement possible les grandeurs caractéristiques du passe-bande.

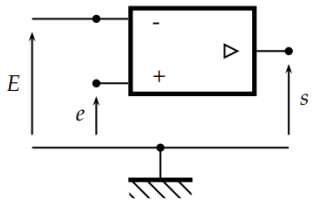
- Vérifier rapidement que l'on a bien affaire à un passe-bande puis passez en mode XY.
- Dans le mode XY on obtient une figure de Lissajous qui se résume à un segment, à la résonance (car le déphasage est nul). Recherchez cette fréquence de résonance, puis repasser en mode temporel afin d'obtenir ω_0 et H_0.
- Pour déterminer Q on va rechercher les pulsations de coupure à $-3\ dB$, dont on sait que $H = \frac{H_0}{\sqrt{2}}$. Rechercher ses pulsations de coupure puis en déduire Q sachant que la bande passante est telle que : $\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q}$.
- Comparer les différents résultats entachés de leur incertitude.

II – L'ALI en mode saturé

II-1) Rappel sur les régimes de fonctionnement

	Régime linéaire	Régime saturé
Montage (Si deux rétroactions ⇒ Énoncé)	Une unique rétroaction négative	Aucune rétroaction ou une unique rétroaction positive
Distinction entre les deux régimes.	$\epsilon = 0$	$v_s = \pm V_{sat}$
Recherche en début de calcul.	Expression de v_s.	Expression de ϵ.
Outils d'études.	Représentation temporelle ou complexe.	Représentation temporelle uniquement et distinction saturation basse ou haute.

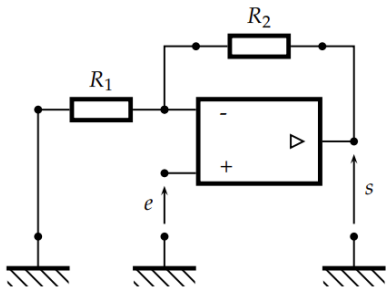
II-2) Comparateur simple



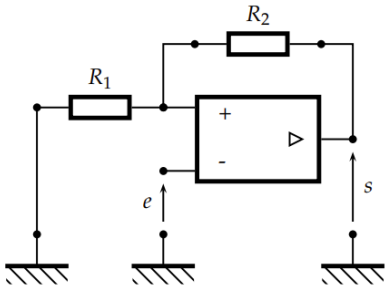
Q16) Suivant les valeurs de e et E, prévoir la valeur de la sortie.

- Réaliser le montage en connectant un signal sinusoïdal de fréquence 100Hz sur l'entrée non inverseuse et en reliant l'entrée inverseuse à la masse. Qu'observez-vous en mode temporel. Représenter la caractéristique $s = f(e)$.

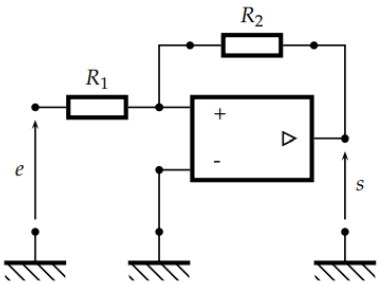
II-3) Comparateur à hystérésis inverseur



(1) Montage non inverseur



(2) Comparateur à hystérésis inverseur



(3) Comparateur à hystérésis non inverseur

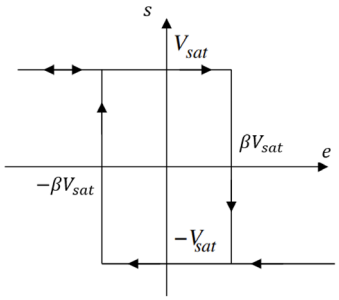
Ci-dessus, on a représenté trois montages assez proches dans leur schématisation mais assez différents dans leur fonctionnement. Ainsi les montages (2) et (3) vont fonctionner en régime saturé à l'inverse de (1). On remarque cela grâce à la rétroaction « positive » sur (2) et (3). Le nom du montage (2) est lié au fait que la tension « e » est appliquée sur l'entrée inverseuse.

On va s'intéresser au montage (2). Le raisonnement est identique pour (3) mais le résultat est différent.

- Cherchons l'expression de ϵ :

$$\epsilon = V_+ - V_- = s\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) - e = \beta s - e \text{ où } \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

- Pour déterminer la relation sortie/entrée il faut étudier les deux cas possibles :
  - Premier cas : $s = +V_{sat} \Rightarrow \epsilon > 0 \; et \; \beta s > e \; d'où \; e < \beta V_{sat}$. Par conséquent le système basculera de $+V_{sat}$ à $-V_{sat}$ lorsque cette condition ne sera plus remplie, c'est-à-dire lorsque $e > \beta V_{sat}$. La valeur βV_{sat} est appelée tension de basculement (de $+V_{sat}$ à $-V_{sat}$).
  - Deuxième cas : $s = -V_{sat} \Rightarrow \epsilon < 0 \; et \; \beta s < e \; d'où \; e > -\beta V_{sat}$. Par conséquent le système basculera de $-V_{sat}$ à $+V_{sat}$ lorsque cette condition ne sera plus remplie, c'est-à-dire lorsque $e < -\beta V_{sat}$. La valeur $-\beta V_{sat}$ est appelée tension de basculement (de $-V_{sat}$ à $+V_{sat}$).
- Ainsi on peut tracer la caractéristique du cycle d'hystérésis en représentant les sens de basculement (flèches) :



- Réaliser le montage (2) avec $R_1 = R_2 = 1k\Omega$. Choisissez un signal sinusoïdal de fréquence 100Hz, et d'amplitude judicieusement choisie avant de voir le système basculé.
- Représenter dans votre compte-rendu vos observations : $s = f(t)$ et $s = f(e)$.
- Mesurer les tensions de basculement. Conclure sur la validité de l'expérience.
- Augmenter la fréquence. Commenter.

III – Annexes

Pour rappel, les différentes annexes nécessaires à ce TP se trouvent à cette adresse :
http://pcjoffre.fr/travaux-pratiques/notices-et-datasheet/