TP 6 – Montages à amplificateur linéaire intégré

D'après TP Centrale MP



PRECAUTIONS POUR LES MONTAGES à ALI :

Pour que les ALI étudiés fonctionnent, il est nécessaire de leur fournir en permanence une énergie sous la forme de deux tensions continues, ce qui peut être réalisé sur les boîtiers à l'aide de liaisons à établir avec une alimentation stabilisée double délivrant +15 V et −15 V.

Lors de la réalisation d'un montage à ALI :

- **ALLUMER l'alimentation de l'ALI AVANT les générateurs ;**
- **ETEINDRE l'alimentation de l'ALI APRES les générateurs ;**

Compétences expérimentales au programme :

Montages utilisant un amplificateur linéaire intégré (ALI).	Mettre en œuvre divers montages utilisant un ALI, les schémas des montages étant fournis.
Mesurer une tension : mesure directe à l'oscilloscope numérique. Mesurer une résistance : mesure directe à l'ohmmètre.	Définir la nature de la mesure effectuée (valeur efficace, valeur moyenne, amplitude, valeur crête à crête,…)
Produire un signal électrique analogique périodique simple à l'aide d'un GBF. Agir sur un signal électrique à l'aide des fonctions simples suivantes : filtrage.	Obtenir un signal de valeur moyenne, de forme, d'amplitude et de fréquence données. Mettre en œuvre les fonctions de base de l'électronique.
Décalage temporel/Déphasage à l'aide d'un oscilloscope numérique.	Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY.
Action d'un filtre linéaire du premier ou du second ordre sur un signal périodique.	Expliciter les conditions pour obtenir un comportement intégrateur. Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'action d'un filtre sur un signal périodique.

Objectifs :

1. Etudier la réponse et une des imperfections d'un montage amplificateur mettant en jeu un amplificateur linéaire intégré.
2. Etudier un filtre actif* mettant en jeu un amplificateur linéaire intégré.

* *On parle de filtre actif car l'ALI est alimenté en énergie.*

A faire pour le jeudi 19/11 :

- Lire le § A.

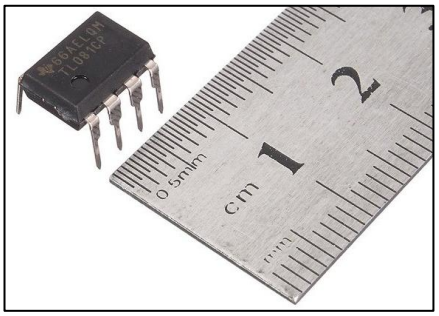
- Préparer les exercices 1, 3 et 5 du TDE3.

A faire pour le jeudi 26/11 :

- Lire entièrement le sujet de TP et répondre aux questions ✎.

A) Cours : Présentation de l'amplificateur linéaire intégré

L'Amplificateur Linéaire Intégré (= ALI) aussi appelé Amplificateur Opérationnel (= Ampli. Op. = AO) est un système électronique associant des composants passifs (R, C) et des composants actifs (transistors). Tous ces composants sont intégrés sur une petite plaque de silicium (« puce ») : on parle de « **circuit intégré** ».
On peut considérer l'ALI comme une « boîte noire » et s'intéresser à ses applications dans les circuits : amplification, sommation, filtrage, intégration...des signaux électriques.



L'ALI possède 8 bornes mais on se limite à une représentation partielle qui ne représente que 3 bornes :

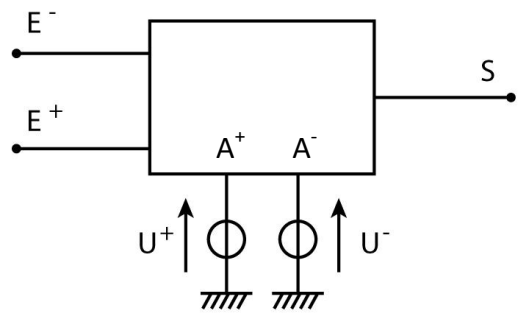


Figure 1

- Deux bornes d'alimentation : A^+ et A^- connectées à des sources de tensions continues et opposées :

$$U^+ = -U^- = 15\,V$$

L'ALI est alimenté : on parle de **composant actif**.
Usuellement, on ne représente pas A^+ et A^-.
- Deux **bornes d'entrée** : E^+ (non inverseuse) et E^- (inverseuse) ; *usuellement symbolisées par* **+** *et* **-**.
- Une **borne de sortie** : S ; *usuellement non indiquée*.

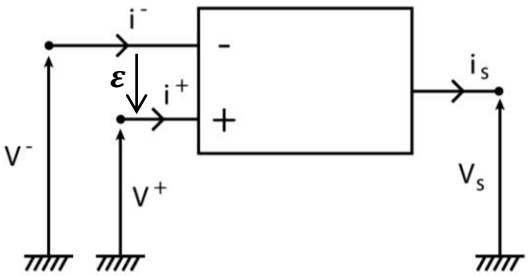


Figure 2

On note :
- V^+, V^-et V_S les tensions respectives entre E^+, E^-, S et la masse.
Il s'agit donc des **potentiels** de E^+, E^- et S.
- i^+et i^- les courants entrants en E^+et E^- : nommés courants de polarisation.
- i_S le courant sortant de S, nommé courant de sortie.
- $\boldsymbol{\varepsilon = V^+ - V^-}$ la **différence de potentiel entre l'entrée + et l'entrée -**.

L'ALI a deux domaines de fonctionnement :

- Un **fonctionnement linéaire** pour lequel la tension de sortie $\boldsymbol{|v_s(t)| \leq V_{sat}}$;
- Un **fonctionnement non linéaire** (régime **saturé**) pour lequel la tension de sortie $\boldsymbol{v_s(t) = \pm V_{sat}}$, avec $V_{sat} \approx 12$ V.

Ici, les montages seront étudiés dans le domaine de <u>fonctionnement linéaire</u>. On veillera donc à ce que la tension de sortie vérifie : $|v_s(t)| \leq V_{sat}$ avec $V_{sat} \approx 12$ V.
Une **rétroaction sur l'entrée inverseuse E^-** (= contre-réaction) stabilise le montage et permet à l'ALI de fonctionner en **régime linéaire**.

<u>Modèle de **l'ALI idéal**</u> : on admet que l'ALI, inclus dans des systèmes plus complexes, tels que ceux des parties B et C, répond aux hypothèses suivantes :
– $\boxed{\boldsymbol{i^+ = i^- = 0}}$
– en **régime linéaire**, on a $\boxed{\boldsymbol{V^+ = V^-}}$

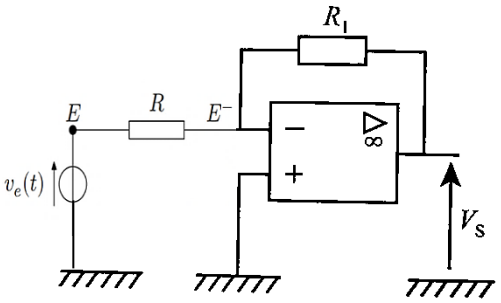
Ces hypothèses seront valables dans toute la suite du texte.

<u>NB</u> *:* Si $\boldsymbol{\varepsilon > 0}$ alors $\boldsymbol{V_S = +V_{sat}}$: saturation **positive.**
Si $\boldsymbol{\varepsilon < 0}$ alors $\boldsymbol{V_S = -V_{sat}}$: saturation **négative.**

B) Système 1

1) Description du montage

Dans cette partie, le système étudié est représenté ci-contre.
Les résistances ont pour valeur R = 10 kΩ et R_1 = 100 kΩ avec une précision relative de 5 %.



✋ **Alimenter l'amplificateur linéaire intégré en $\pm$ 15 V, relier la borne 0 V de l'alimentation stabilisée à la masse du GBF** puis câbler le circuit ci-contre. La tension v_e est imposée par le GBF.

2) Étude en régime sinusoïdal

On attaque le système par une tension sinusoïdale $v_e(t)$ de fréquence 500 Hz. La tension de sortie est $v_s(t)$.

✎➲ 1. Prédéterminer la valeur algébrique du rapport $\frac{v_s(t)}{v_e(t)}$ en fonction des résistances R et R_1.

✎➲ 2. Déterminer l'expression littérale de la précision relative obtenue sur le rapport $\frac{v_s(t)}{v_e(t)}$ compte tenu de la précision des résistances, puis effectuer l'application numérique.

➲ 3. Mesurer ce rapport par une méthode que l'on indiquera précisément dans le compte-rendu, et comparer à la valeur prédéterminée.

3) Étude d'une imperfection

→→→ ***A faire en dernier s'il vous reste du temps.***

La borne E est maintenant reliée à la masse M.

➲ 4. Observer la tension de sortie $v_s(t)$ et indiquer les caractéristiques du signal observé. Comparer ce résultat à la valeur attendue.

On peut expliquer la présence de cette tension de sortie $v_s(t)$ dans le cas où l'entrée E est reliée à la masse M par l'existence d'une source de tension continue parasite v_d et d'une source de courant continue parasite i_b placées comme indiqué sur la figure 3. On admettra dans toute la suite de l'étude que ces sources v_d et i_b sont indépendantes.

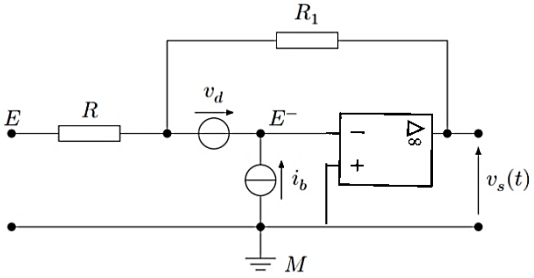


Figure 3 Modélisation des imperfections

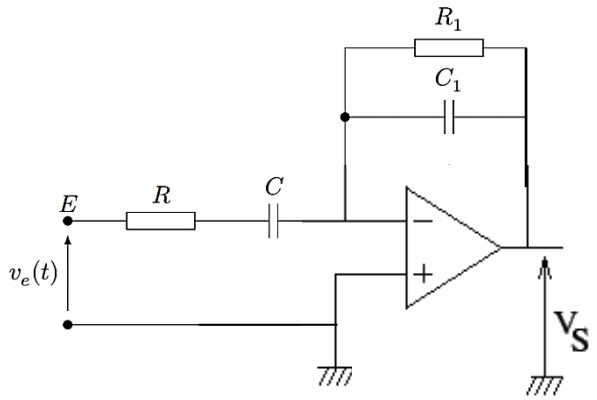
Le constructeur donne les indications suivantes pour ces grandeurs :

$|v_d|$ ≈ quelques mV $\qquad$ $|i_b|$ ≈ quelques dizaines de pA

➲ 5. En la justifiant, déduire de la mesure effectuée à la question 4 une valeur de la tension v_d.

C) Système 2

Dans cette partie, le système étudié est représenté ci-dessous et ***on supposera v_d et i_b négligeables.***



✋ **Alimenter l'amplificateur linéaire intégré en $\pm$ 15 V, relier la borne 0 V de l'alimentation stabilisée à la masse du GBF** puis câbler le circuit ci-dessus. La tension v_e est imposée par le GBF.
Avec :

$$\boldsymbol{R = 1\ k\Omega\ ;\ R_1 = 10\ k\Omega\ ;\ C = 1\mu F\ ;\ C_1 = 10\ nF}$$

On applique à ce système linéaire une tension sinusoïdale $v_e(t)$ de fréquence f et d'amplitude V_e entre les bornes E et la masse M. La tension de sortie $v_s(t)$ est alors une tension sinusoïdale de même fréquence et d'amplitude V_s.

✎➲ 6. Etudier les comportements asymptotiques du montage pour déterminer la fonction qu'il remplit.

✋ Relever expérimentalement :

- la courbe du gain en décibel,
- la courbe du déphasage φ entre la sortie et l'entrée du système,

en fonction de la fréquence et tracer les courbes.

➲ 7. La courbe de gain est-elle cohérente avec les prévisions de la question 6 ?

➲ 8. Donner les valeurs expérimentales du ou des point(s) remarquable(s) de cette courbe (fréquence, gain en décibels (dB) et phase).

➲ 9. Mesurer sur la courbe de gain, la valeur en décibels par décade des pentes des asymptotes.

➲ 10. On considère un signal d'entrée périodique de fréquence f, à quelle condition, le filtre se comporte comme un intégrateur ? Le vérifier expérimentalement.

D) Conclusion

➲ 11. Proposer des exemples d'utilisation pratique des deux montages étudiés en précisant les limitations dues aux imperfections de l'amplificateur linéaire intégré.