



BLAISE PASCAL
PT 2024-2025

TP 6 – Électronique

Multivibrateur astable

Techniques et méthodes à acquérir :

- ▷ Montages à ALI;
- ▷ Réglages du GBF et de l'oscilloscope;
- ▷ Vérification d'une proportionnalité.

Matériel sur votre paillasse :

- ▷ Un PC portable avec Python;
- ▷ Deux amplificateurs linéaires intégrés;
- ▷ Une alimentation stabilisée $+15/-15$ V;
- ▷ Un GBF;
- ▷ Un oscilloscope;
- ▷ Un condensateur de 220 nF;
- ▷ Résistances de 10 k Ω , 20 k Ω et 33 k Ω ;
- ▷ Une boîte de résistance réglable;
- ▷ Deux plaquettes de branchements;
- ▷ Un bouton poussoir.

Compétence(s) évaluée(s) :	TB	S	P	I	★
Réaliser : Utiliser les fonctions de base de numpy et matplotlib pour la physique expérimentale.					
Valider : Valider expérimentalement une relation de proportionnalité en s'appuyant sur un calcul de z -score.	4	3	2	1	0

Ce TP a pour objectif d'étudier expérimentalement la dépendance de la période des oscillations d'un multivibrateur astable en fonction des différents composants qui le constituent.

 Le schéma du montage est rappelé figure 1. Identifier les deux blocs construits autour des ALI ① et ②. Nous commencerons par les étudier séparément, en les construisant sur deux plaquettes différentes, avant de s'intéresser au système bouclé.

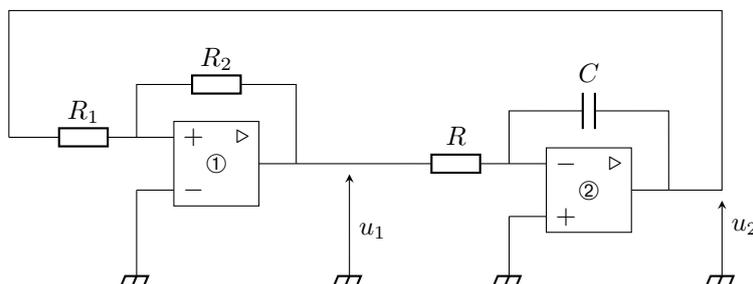
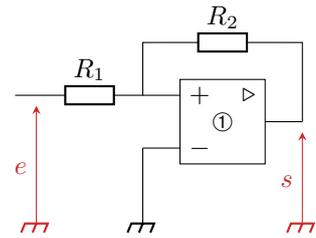


Figure 1 – Multivibrateur astable à deux ALI.

 **Attention !** La position des bornes des ALI est arbitraire sur un schéma ... mais pas sur les plaquettes du lycée, ni sur votre montage!

I - Comparateur à hystérésis



Rappel théorique : Le montage comparateur à hystérésis non-inverseur est représenté ci-contre. Dans le modèle de l'ALI idéal de gain infini, la loi des nœuds en potentiel donne

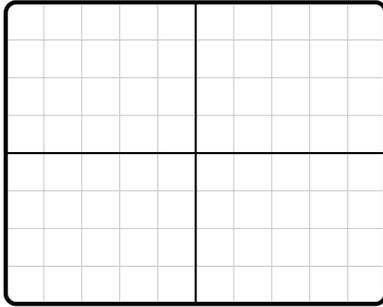
$$(R_1 + R_2)v_+ = R_1s + R_2e,$$

d'où on déduit que l'ALI bascule de saturation basse vers haute pour $e = \beta V_{\text{sat}}$ et de saturation haute vers basse pour $e = -\beta V_{\text{sat}}$, avec $\beta = R_1/R_2$.



Câbler le montage en prenant $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ et $R_2 = 20\text{ k}\Omega$.

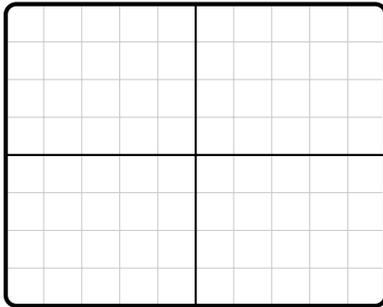
Exemple de chronogramme :



- ☞ Tension de saturation de l'ALI :
- ☞ Valeurs attendues des tensions de basculement :

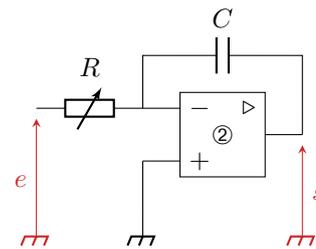
☞ Valeurs expérimentales :

Caractéristique entrée-sortie :



☞ Protocole permettant d'obtenir la caractéristique :

II - Intégrateur



Rappel théorique : Le montage intégrateur inverseur est représenté ci-contre. Dans le modèle de l'ALI idéal de gain infini, la loi des nœuds en potentiel donne

$$j\omega s = -\frac{1}{RC}e \quad \text{soit} \quad \frac{ds}{dt} = -\frac{e}{RC}.$$

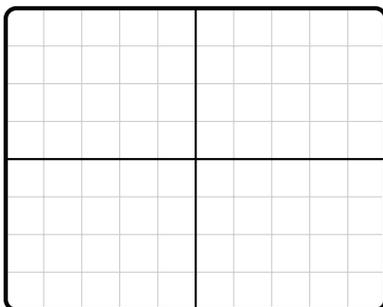
En séparant les variables puis en intégrant, on obtient finalement

$$s(t) = s(0) + \int_0^t e(t) dt.$$



Câbler le montage avec $R = 1\text{ k}\Omega$ et $C = 220\text{ nF}$. Utiliser la résistance variable : la valeur de R sera amenée à être modifiée au cours du TP. Mettre en entrée une tension sinusoïdale de fréquence environ 1 kHz.

Exemple de chronogramme :

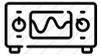


☞ Interprétation : pour mieux comprendre le phénomène, on pourra court-circuiter le condensateur avec un fil pour le voir redémarrer.

Remarque : Comprendre précisément l'allure du signal obtenu est plus délicat : lors des phases de saturation, le montage n'agit plus en intégrateur (la relation entrée-sortie n'est valable qu'en régime linéaire). Il s'avère que l'évolution des tensions lors de ces phases permet à l'ALI de retrouver un fonctionnement linéaire, où le montage redevient intégrateur, jusqu'à atteindre une nouvelle saturation. Ce faisant, la tension de sortie du montage est bien périodique alors qu'une interprétation trop rapide pourrait laisser penser qu'elle devrait être constamment égale à la tension de saturation.



Résoudre cette difficulté demande de monter une résistance R' en parallèle du condensateur : la tension d'offset de l'ALI n'est plus intégrée mais simplement amplifiée, comme nous l'avons montré en application de cours. Le montage porte alors le nom de pseudo-intégrateur.



Vérifier que le montage se comporte comme souhaité pour $R' = 33 \text{ k}\Omega$.

III - Système bouclé

Cette partie sera réalisée dans le notebook Capytale f8da-4131578, qui sera évalué.

🔴🔴🔴 **Attention !** Dans un oscillateur, la présence d'une rétroaction supplémentaire permet de stabiliser le montage intégrateur pur et d'éviter la divergence constatée dans la partie précédente : **on retirera la résistance R' pour la fin du TP.**

Nous avons établi en cours que la période des oscillations est donnée par

$$T = \frac{4R_1 RC}{R_2}.$$

On souhaite vérifier la validité de cette relation pour des valeurs de C allant de 100 nF à 1 μF .

- 1 - Relever les valeurs pertinentes et les entrer dans les deux tableaux `numpy C` et `T` du notebook.
- 2 - Quelle représentation graphique permet de conclure sur la validité d'une relation de proportionnalité entre T et C ? La représenter dans le notebook. Conclure.

L'étude graphique précédente permet de conclure à la validité d'une relation de la forme $T = aC$, mais la validation complète du modèle demande de déterminer la valeur expérimentale a_{exp} et de la comparer à la valeur attendue théoriquement a_{th} . Rappelons que la méthode d'estimation de a_{exp} est la suivante :

- ▷ construire un nouveau tableau `a = T/C`, qui contient toutes les valeurs de a qui seraient déduites de chacun des points expérimentaux considérés individuellement ;
- ▷ on prend comme valeur $a_{\text{exp}} = \langle a \rangle$ (`np.mean`) ;
- ▷ on prend comme incertitude-type $u(a_{\text{exp}}) = \sigma/\sqrt{N}$, où σ est l'écart-type des valeurs de a (`np.std`) et N le nombre de points de mesure.

- 3 - Écrire les lignes de code permettant de déterminer a_{exp} (`a_exp`) et $u(a_{\text{exp}})$ (`u_a_exp`) et d'afficher leurs valeurs.

Rappelons enfin que la comparaison entre la valeur expérimentale et la valeur attendue théoriquement a_{th} s'appuie sur la valeur de l'écart normalisé, aussi appelé z -score. En supposant la valeur théorique connue sans incertitude,

$$z = \frac{|a_{\text{exp}} - a_{\text{th}}|}{u(a_{\text{exp}})}.$$

- 4 - Écrire les lignes de code permettant de calculer le z -score et d'afficher sa valeur. Conclure : le modèle est-il compatible avec l'expérience ?

IV - Bonus : problème ouvert

Revenons dans cette dernière partie sur le rôle de la résistance R' .

- ▷ Expliquer qualitativement que l'on puisse la retirer sans modifier le fonctionnement de l'oscillateur. Où se manifeste l'effet de la tension de décalage de l'ALI ?
- ▷ Reprendre les mesures de la partie précédente avec la résistance R' et interpréter les résultats.