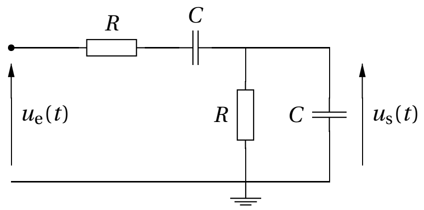
TP de physique n° 3 — Oscillateur quasi-sinusoïdal à pont de Wien

1 — Le pont de Wien



La fonction de transfert de ce circuit est de la forme

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{u}_s}{\underline{u}_e} = \frac{H_0}{1 + jQ\left(\dfrac{\omega}{\omega_0} - \dfrac{\omega_0}{\omega}\right)} \quad \text{soit en terme de fréquences} \quad \underline{H}(jf) = \frac{H_0}{1 + jQ\left(\dfrac{f}{f_0} - \dfrac{f_0}{f}\right)}.$$

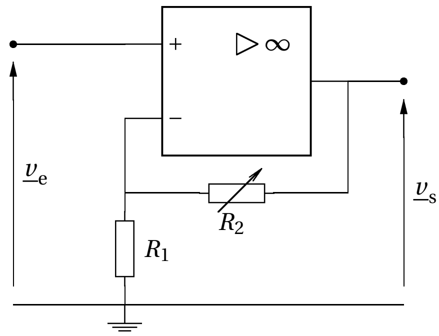
L'étude théorique conduit à $H_0 = \dfrac{1}{3}$, $Q = \dfrac{1}{3}$ et $\omega_0 = 2\pi f_0 = \dfrac{1}{RC}$.

1. Réaliser le montage en prenant $R = 1\ \mathrm{k\Omega}$ et $C = 100\ \mathrm{nF}$.

2. Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer avec précision la fréquence f_0.
La fréquence étant mesurée au multimètre, on déterminera l'incertitude Δf_0 associée (voir annexe).

2 — L'amplificateur non inverseur

On donne le montage suivant :



On rappelle le gain du montage en régime linéaire : $A = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$.

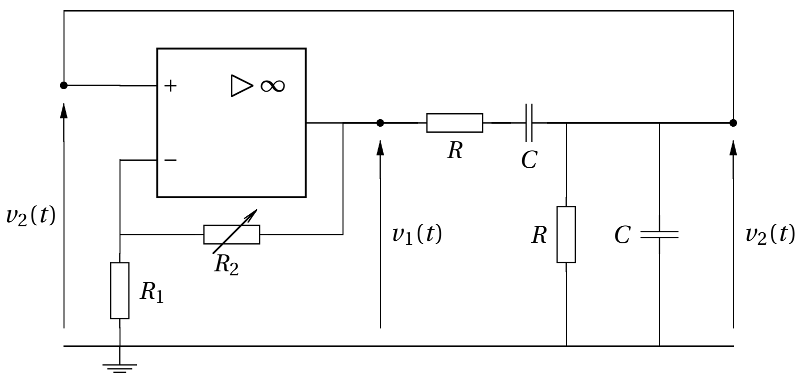
➤ Réaliser le montage. On prendra $R_1 = 1\ \mathrm{k\Omega}$, et R_2 est une boîte de résistances.

3. Vérifier le gain du montage pour plusieurs valeurs de R_2 ($R_2 = R_1$, $R_2 = 4R_1$, $R_2 = 9R_1$ par exemple).
On vérifiera chaque fois la condition sur $v_e(t)$ pour que l'ALI fonctionne en régime linéaire.

3 — L'oscillateur

> **Il n'y a pas de GBF dans ce montage** : il s'agit d'un oscillateur, qui délivre un signal de sortie en l'absence de signal d'entrée. L'énergie nécessaire est apportée par l'alimentation symétrique de l'ALI.

4. Réaliser le montage de l'oscillateur en reliant les deux circuits précédents selon le schéma suivant :



On montre que $v_1(t)$ et $v_2(t)$ sont reliés par l'équation différentielle

$$\frac{\mathrm{d}^2 v_2}{\mathrm{d}t^2} + 3\omega_0 \frac{\mathrm{d}v_2}{\mathrm{d}t} + \omega_0^2 v_2 = \omega_0 \frac{\mathrm{d}v_1}{\mathrm{d}t}. \tag{1}$$

5. Quand l'ALI fonctionne en régime linéaire, on a $v_1(t) = Av_2(t)$. Que devient l'équation différentielle (1) ?
En déduire la valeur limite de R_2 qui permet d'observer des oscillations. Quelle est alors leur fréquence f_0 ?

6. Observer l'effet de la variation de R_2 sur la tension $v_2(t)$ observée à l'oscilloscope. Chercher la valeur de R_2 qui permet juste d'accrocher les oscillations, et comparer avec les prévisions théoriques.
Le signal est-il harmonique ? Ou pourra réaliser une analyse spectrale en faisant l'acquisition sur l'ordinateur, à l'aide de Latis Pro.

7. Mesurer au multimètre la fréquence f_{osc} des oscillations quasi-sinusoïdales. On notera Δf_{osc} la précision de la mesure estimée à l'aide de la fiche du multimètre MX53C.
À l'aide d'un calcul d'écart normalisé, commenter les valeurs f_0 (déterminée à la question 2) et f_{osc}.

8. Que se passe-t-il quand on augmente la valeur de R_2 ? On fera l'observation temporelle et spectrale de $v_2(t)$, et on observera la tension $v_1(t)$ de sortie de l'ALI.

Annexe 1 : mesure de fréquence au multimètre MX53C

En position `V_AC`, la touche `SEL/ON` permet de modifier le mode de mesure selon la séquence suivante :

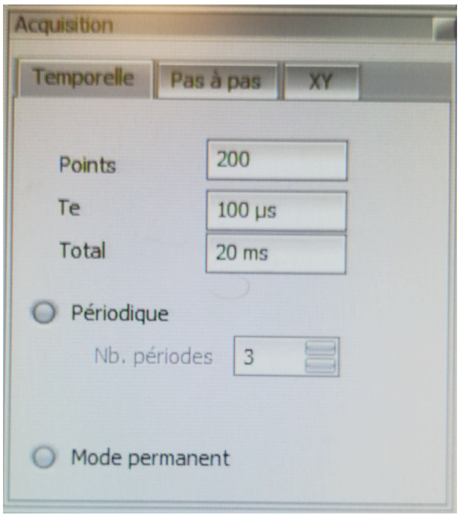
Mesure tension AC ⟶ Mesure fréquence ⟶ Mesure rapport cyclique + ⟶ Mesure rapport cyclique -

Étendue de la mesure de fréquence : de 0,62 Hz à 500 kHz.
Précision : 0,03 %.

Annexe 2 : analyse spectrale avec Latis Pro

Acquisition

La zone acquisition permet de régler les paramètres d'acquisition.



- La case Points permet de fixer le nombre total N de points de l'échantillon.
- La case Te permet de fixer la période d'échantillonnage T_e.
- La case Total permet de fixer la durée totale T_{tot} de l'échantillon.

Ces trois paramètres ne sont pas indépendants : on en fixe deux, le troisième s'en déduit par le relation $T_{tot} = (N-1)\,T_e$, soit comme usuellement $N \ll 1$

$$\boxed{T_{tot} = N T_e}\,.$$

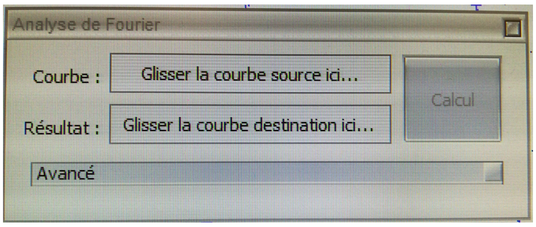
- Le bouton Mode permanent permet de simuler un oscilloscope : l'écran est rafraîchi après chaque balayage.

Une fois les paramètres réglés, l'acquisition se lance appuyant sur la touche F10 du clavier.

Il faut toujours réfléchir au choix des paramètres d'acquisition Te, Total et Points :

- la période d'échantillonnage Te doit vérifier le critère de Nyquist-Shanon ;
- la résolution spectrale est d'autant plus élevée que Points est grand : $\Delta f = \dfrac{F_e}{N} = \dfrac{1}{N T_e} = \dfrac{1}{T_{tot}}$.

Réalisation d'une analyse spectrale



La touche F6 permet d'ouvrir la fenêtre permettant de réaliser une analyse spectrale du signal.
Il faut tout d'abord sélectionner la courbe que l'on veut analyser en cliquant sur l'icône . On fait glisser la courbe voulue sur le cadre Glisser la courbe source ici. . . .
On lance le calcul du spectre avec le bouton Calcul.

On peut choisir l'intervalle de fréquence sur lequel on visualise le spectre calculé.
L'intervalle $[0, F_e/2]$ donne la totalité du spectre utile, mais il peut être plus intéressant de se restreindre à un intervalle plus étroits si le signal est constitué de basses fréquences (ce que fait le mode Auto).
L'intervalle $[0, F_e]$ permet de comprendre un éventuel repliement de spectre.