



BLAISE PASCAL  
PT 2023-2024

TP oral 5 – Électronique

# Mesures de fréquences

## Matériel sur le bureau :

- ▷ Papier millimétré;
- ▷ Résistances : 100, 200, 500  $\Omega$ , 1, 2, 5, 10, 20 k $\Omega$ ;
- ▷ Condensateurs : 10, 20, 50, 100, 200, 500 nF, 1, 2, 5, 10  $\mu$ F.

## Matériel sur votre paillasse :

- ▷ Deux diapasons, dont l'un est désaccordé par une masselote;
- ▷ Un micro;
- ▷ Un oscilloscope et sa notice;
- ▷ Un GBF;
- ▷ Un ALI monté sur plaquette et une alimentation continue;
- ▷ Un bloc multiplieur monté sur plaquette;
- ▷ Deux plaquettes de branchement.

On dispose pour ce TP de deux diapasons La<sub>3</sub> (fréquence théorique  $f = 440$  Hz), dont l'un est désaccordé par une masselote et résonne à la fréquence  $f' = f + \Delta f$ . L'objectif est de mesurer les deux fréquences  $f$ ,  $f'$  et l'écart de fréquence  $\Delta f$  entre les deux diapasons aussi précisément que possible.

⚠️⚠️⚠️ **Attention !** Vérifier que la masselote est solidement fixée, environ à mi-hauteur du diapason, et **ne plus y toucher** pour le restant du TP.

⚠️⚠️⚠️ **Attention !** Un fort effet capacitif existe dans les micros, une fois branché sur l'oscilloscope il est donc nécessaire d'attendre plusieurs dizaines de secondes avant de pouvoir les utiliser.

⚠️⚠️⚠️ **Attention !** Une part importante du TP consiste à estimer la précision des différentes mesures. Ainsi, **on n'utilisera pas** les mesures automatiques de l'oscilloscope, dont la précision dépend des différents réglages et s'avère difficile à estimer.

*Données* : formules de composition des incertitudes (qu'il faut connaître pour le jour J!!)

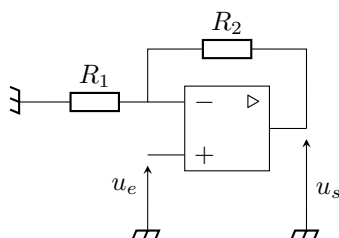
- ▷ cas d'une somme ou d'une différence : si  $y = x_1 \pm x_2$ , alors

$$u(y)^2 = u(x_1)^2 + u(x_2)^2$$

- ▷ cas d'un produit ou d'un quotient : si  $y = x_1 \times x_2$  ou  $y = x_1/x_2$ , alors

$$\left(\frac{u(y)}{y}\right)^2 = \left(\frac{u(x_1)}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{u(x_2)}{x_2}\right)^2.$$

## I - Amplification de signal



La tension délivrée par le micro est d'amplitude trop faible pour être directement exploitable à l'oscilloscope : il est nécessaire de l'amplifier. On utilise pour cela le montage ci-contre.

**1** - Proposer deux valeurs pour  $R_1$  et  $R_2$  permettant d'amplifier le signal avec un gain environ égal à 50.

## II - Réponse impulsionnelle d'un diapason

Lorsque le diapason est frappé d'un bref coup de marteau, le signal sonore qu'il émet est appelé réponse impulsionnelle. Il s'agit d'un résonateur du second ordre : des calculs, non demandés, permettent de montrer que sa réponse impulsionnelle s'écrit

$$s_1(t) = A \exp\left(-\frac{\omega_0}{2Q}t\right) \sin\left(\omega_0\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}t + \phi\right).$$

Bien que ce ne soit pas le cas en pratique, on supposera pour simplifier que la phase  $\phi$  est nulle.

2 - Nommer  $\omega_0$  et  $Q$ . Quel est le lien avec les fréquences  $f$  et  $f'$  ?

3 - Estimer grossièrement l'**ordre de grandeur** de  $Q$ . Simplifier en conséquence la relation entre  $\omega_0$  et les fréquences.

4 - Procéder à la mesure des deux fréquences  $f$ ,  $f'$  et en déduire  $\Delta f$ . Estimer les incertitudes sur les trois grandeurs.

5 - Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant une **mesure précise** de  $Q$ . Le candidat précisera sa démarche sur son compte-rendu, et y indiquera toutes les mesures et calculs utiles. Il pourra utiliser le papier millimétré mis à sa disposition.

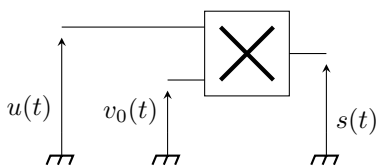
### III - Battements

6 - On excite *simultanément* les deux diapasons. Montrer que le signal sonore peut s'écrire comme un produit de deux cosinus. Identifier le terme responsable des battements que l'on entend dans le signal sonore.

7 - Mesurer la période des battements et en déduire une deuxième mesure de  $\Delta f$ . Estimer l'incertitude.

8 - Comparer cette méthode à la précédente.

### IV - Mesure par multiplication avec un signal de référence



Avec un générateur, on crée un signal de référence  $v_0$  dont la fréquence  $f_0$  connue est intermédiaire entre  $f$  et  $f + \Delta f$ . Ce signal de référence et la tension amplifiée  $u(t)$  sont envoyées en entrée d'un multiplieur analogique de gain  $k$ , qui délivre la tension de sortie

$$s(t) = k u(t) v_0(t).$$

9 - Déterminer la tension de sortie  $s$  du multiplieur. Identifier le terme donnant l'écart de fréquence entre  $u$  et  $v_0$ .

10 - Quel filtre utiliser pour isoler le seul terme intéressant ? Proposer un montage simple permettant de réaliser la fonction voulue, sa fréquence de coupure, et des valeurs de composants permettant la réalisation pratique.

Réaliser le montage complet : sur les plaquettes fournies, les deux entrées du multiplieur sont notées  $X_1$  et  $Y_1$  et le signal multiplié s'obtient sur la borne SM.

11 - Mesurer les fréquences de résonance des deux diapasons, puis en déduire l'écart en fréquence  $\Delta f$ . Estimer l'incertitude.

### V - Conclusion

12 - Comparer les trois méthodes envisagées dans ce TP.