



BLAISE PASCAL
PT 2020-2021

TP 17 – Électronique

Mesure de fréquences

Objectifs

- ▷ Réaliser des montages électroniques utilisant les fonctions de base de l'électronique (amplification, filtrage, multiplication analogique) ;
- ▷ Analyser, raisonner : concevoir un montage et choisir des composants adaptés à la fonction souhaitée ;
- ▷ Réaliser : estimer des incertitudes de mesure et des incertitudes composées ;
- ▷ Analyser, raisonner : comparer différents protocoles permettant d'accéder à une même grandeur.

Matériel sur le bureau :

- ▷ Papier millimétré ;
- ▷ Résistances : 100, 200, 500 Ω , 1, 2, 5, 10, 20 k Ω ;
- ▷ Condensateurs : 10, 20, 50, 100, 200, 500 nF, 1, 2, 5, 10 μ 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 La₃ (fréquence théorique $f = 440$ Hz), dont l'un est désaccordé par une masselotte et résonne à la fréquence $f' = f + \Delta f$. L'objectif est de mesurer les deux fréquences f , f' et l'écart de fréquence Δf entre les deux diapasons aussi précisément que possible.

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

⚠ ⚠ ⚠ **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.

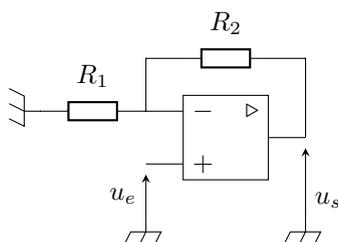
- ▷ cas d'une somme ou d'une différence : si $y = x_1 \pm x_2$, alors

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

- ▷ 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 : il sera nécessaire de l'amplifier dans toute la suite du TP. On utilise pour cela le montage ci-contre.

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

Espace 1

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 ici permettent de montrer que sa réponse impulsionnelle s'écrit

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

Bien que ce ne soit pas le cas en pratique, on supposera pour alléger les calculs que la phase θ est nulle.

✎ Nommer ω_0 et Q . Quel est le lien avec les fréquences f et f' ?

Espace 2

✎ Estimer simplement un **ordre de grandeur** de Q . Simplifier en conséquence la relation entre ω_0 et les fréquences.

Espace 3

✎ Procéder à la mesure des deux fréquences f , f' et en déduire Δf . Estimer les incertitudes sur les trois grandeurs.

Espace 4

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

III - Battements

✎ 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.

Espace 5

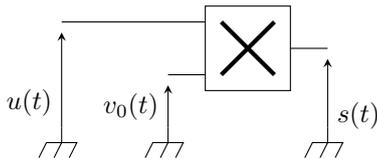
✎ Mesurer la période des battements et en déduire une deuxième mesure de Δf . Estimer l'incertitude.

Espace 6

✎ Comparer cette méthode à la précédente.

Espace 7

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

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

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

Espace 8

- ✎ 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.

Espace 9

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.

- ✎ Mesurer les fréquences de résonance des deux diapasons, puis en déduire l'écart en fréquence Δf . Estimer l'incertitude.

- ✎ Comparer les trois méthodes envisagées dans ce TP.