

M 28 : Mesures de fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu)

Bibliographie: aucune

Introduction: Parler de la mesure directe au chronomètre pour un pendule. Deux problèmes: on ne peut le faire qu'en mécanique ou pour des fréquences faibles, et puis on a une précision très limitée par le temps de réponse de l'œil puis le temps de réaction.

I) Mesure de fréquence centrale d'un diapason par TF de sa réponse impulsionnelle

Manip: Frapper sur un diapason (excitation impulsionnelle) et capter le signal avec un micro relié à un oscillo: acquisition en mode monocoup. On exporte sur Igor et on calcule la FFT: on a la fonction de transfert. On peut alors calculer Q et f_0 . Mais un problème se pose: $N=T_0 f_e$. Or la résolution en fréquence est $\delta\omega=1/T_0$, et on veut cette résolution très petite car la bande passante est faible: il faut donc $T_0 \gg Q/f_0$. Avec le critère de Shannon $f_e > 2f_{\max} \sim 2f_0$, il faut $N \gg 2Q \sim 10\,000$. Il faut donc utiliser un oscillo performant sur toute sa mémoire. Cependant, comment faire si on ne dispose pas d'un tel oscillo ? Translation de fréquence.

II) Amélioration: translation de fréquence

Manip: La sortie du micro va cette fois ci sur un multiplieur, dont l'autre entrée est reliée à un signal GBF de $f=438$ Hz (de sorte qu'on ait $f_0 - f \gg \Delta f$). On met un passe bas en sortie du multiplieur pour garder la fréquence presque nulle, et c'est ce signal qu'on acquiert en mode monocoup. Cette fois ci, le critère de Shannon n'est plus un problème: $f_e > 4$ Hz environ, et la condition sur T_0 reste inchangée : il faut cette fois ci $N \gg Q/f_0 * f_e \sim 40$. Faire la manip, comparer les incertitudes. Elles doivent être les mêmes. Cependant, la FFT introduit intrinsèquement des incertitudes dont on ne peut se débarrasser. Pour contourner ce problème, on peut utiliser le phénomène de battements.

III) Mesure de la fréquence d'un diapason par battements

Manip: On prend le même diapason qu'au début (on connaît donc la fréquence centrale), et un autre similaire qu'on désaccorde un peu avec une masse. On tape sur l'un et on enregistre les battements en mode monocoup. On a alors une enveloppe qui oscille avec une période

$$T_e = \frac{4\pi}{\omega_1 - \omega_2} \quad \text{et les battements se font à une période} \quad T_{be} = \frac{4\pi}{\omega_1 + \omega_2} .$$

En mesurant les deux périodes, on faisant une addition et une différence, on remonte aux deux fréquences! On peut aussi faire une FFT et on a directement deux pics mais c'est pas le but ici. Comparer les incertitudes : quelle est la meilleure méthode ? Mais cela soulève un problème: l'oscillo est-il fiable pour mesurer des fréquences?

IV) Problèmes lors de mesures de fréquences à l'oscilloscope

i) Discretisation

Manip: On envoie une signal sinusoïdal sur l'oscillo, et on fait un stop. On zoome, et on voit un pas de quantification en fréquence. On peut mesurer la résolution maximale (largeur d'un palier) en temps et remonter au nombre de points par exemple. On en déduit la résolution maximale en

fréquence: intérêt de prendre une large fenêtre mais nombre de points limité: il faut que la fréquence d'échantillonnage reste un multiple de la fréquence du signal!

ii) Procédure de mesure de la période par l'oscillo

Manip: L'oscillo mesure un nombre de passages par 0 avec un front donné (montant ou descendant). Ainsi si on utilise des signaux bizarres (plusieurs passages par 0 par période avec même front, comme bruit ou heartbeat) alors on peut voir que l'oscillo donne une mesure erronée (ça marche bien avec le heartbeat).

iii) Stabilité en fréquence de l'horloge

Manip: Étudier, en décalant temporellement la synchronisation, la stabilité en fréquence de l'oscillateur à pont de Wien et à quartz. Relier à l'horloge interne, et l'importance de l'horloge interne (définition de la seconde!)