

M25 : Mesure de fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu)

Introduction : intérêt des mesures de fréquences dans de nombreux domaines : optique, acoustique, électronique, mécanique ..

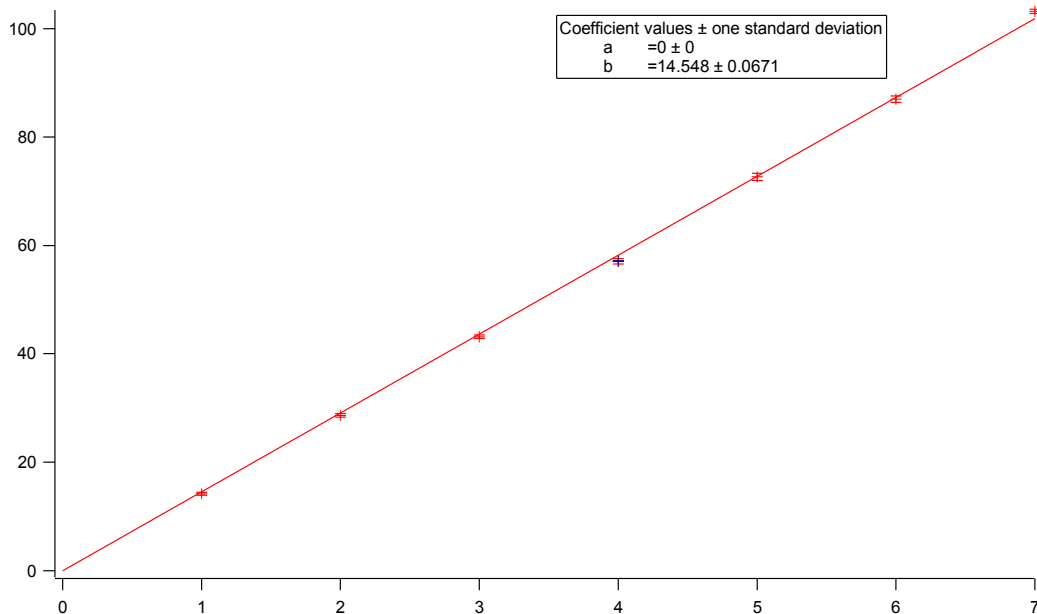
I- Mise en œuvre de mesures de fréquences temporelles

1) Corde de Melde

Dispositif : un excitateur sur un support élévateur, relié par une corde à une poulie fixé sur un support puis avec deux masses (total 100g) accrochées au bout de la corde. Prendre un générateur délivrant assez de puissance pour l'excitateur.

Plusieurs modes sont accessibles à des fréquences de l'ordre de la dizaine de hertz que l'on mesure au stroboscope.

Ci dessous est tracé la fréquence en Hz en fonction du mode propre de la corde observé.



On mesure la fréquence pour chaque mode n et on trace la droite f en fonction de n . Selon la théorie des ondes stationnaires dans une corde, on a $f = (nc)/(2L)$ avec c la célérité des ondes dans la corde et L la longueur de la corde. La droite tracée nous donne une pente de coefficient directeur $c/2L$. On peut donc en déduire la célérité et comparer avec la valeur théorique $(T/\mu)^{1/2}$, μ étant la masse linéique de la corde et T la force exercée par les masses sur la corde. C aux alentours de 30m .s-1.

Si cette expérience est choisie, il faut insister sur le fait que cette expérience sert à mettre en œuvre une méthode de mesure par comptage, en mécanique.

2) Diapason – domaine temporel

Dispositif : un diapason avec caisse de résonnance + micro branché sur oscillo

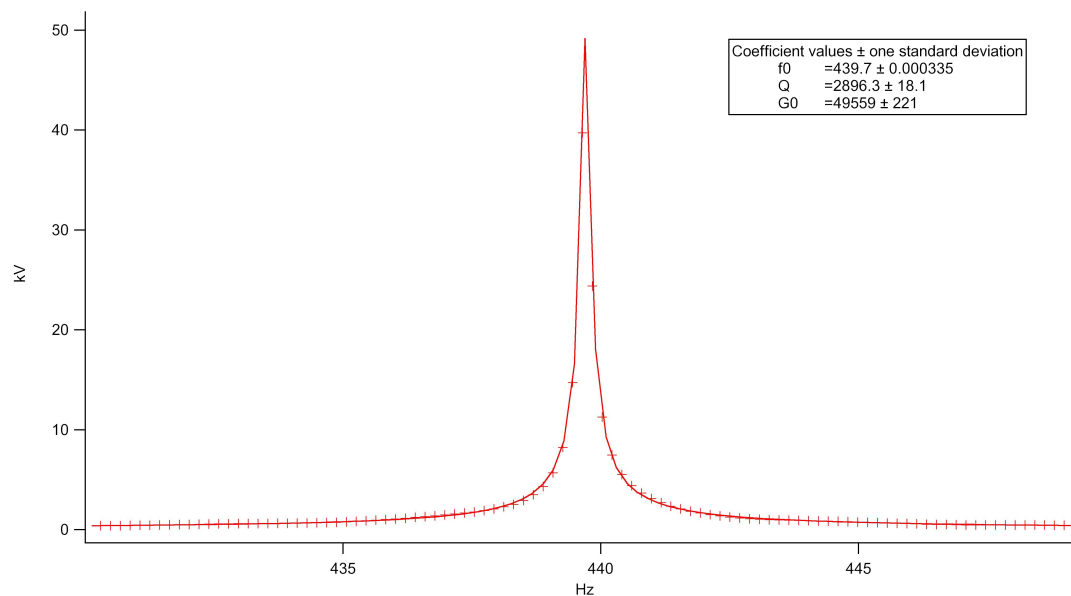
On mesure la fréquence du diapason dans le domaine temporel sur les pseudo périodes. La pseudo période mesurée n'est pas exactement la même que celle que l'on va mesurer en FFT mais au vu du facteur de qualité élevé, on ne fait pas de distinction.

On remarque une difficulté à mesurer la pseudo période (différentes valeurs à différents endroits du signal)

Ð FFT

3) Diapason – Domaine fréquentiel

On effectue la FFT sur IGOR du signal précédemment acquis. Dilater la fenêtre temporelle pour avoir un grand nombre de points sur notre signal. On ajuste avec la fonction de transfert du second ordre et on donne la fréquence propre, fréquence du maximum du pic. On voit que la précision est augmentée.



Mettre en évidence le problème du critère de Shannon ensuite en décochant MAX sur IGOR c'est-à-dire en mimant un oscilloscope qui possède un bas nombre de points. On voit du repliement Ð Problème Ð Translation de fréquence pour un signal haute fréquence ou oscilloscope bas nombre de points.

II – Translation de fréquence

1) Diapason

Dispositif : Un boîtier composé d'un multiplieur et d'un filtre RC qu'on adaptera en fonction des expériences.

On place en entrée un GBF aux alentours de 440hz (par exemple 442Hz) et le micro placé en face du diapason. En sortie, on observe le signal multiplié puis filtré. On a donc un pic à la différence des deux pics, bien plus bas en fréquence pour respecter le critère de Shannon. On peut donc remonter à la fréquence propre du diapason.

2) Instabilité en fréquence d'un GBF

Dispositif : identique au 1) avec un vieux GBF analogique qui sera la source de l'instabilité et un GBF numérique Agilent sur les deux entrées du multiplieur. On utilise la translation de fréquence pour observer la variation au cours du temps de la position du pic en FFT.

On peut vérifier que c'est bien le GBF analogique qui est instable en utilisant deux GBF numériques avec ce montage et montrer qu'ils sont parfaitement stables.

III- Mesure de différence de fréquences

Utilisation des battements : deux diapasons + micro . Un des deux diapasons est désaccordé à l'aide d'une petite bague placée sur une des deux branches : la période des battements correspond à la différence de fréquence entre les deux diapasons. On peut vérifier la valeur en mesurant la fréquence propre pour les deux diapasons séparément.

Commentaires/questions par JBD

Questions :

- Dans le cas de la corde, d'où vient l'incertitude de mesure ?
- Imaginons qu'on trouve un mode très précisément, quelle est la meilleure méthode pour déterminer la fréquence ?
- Mesure de fréquence (en temporel) du diapason : Est-ce que la mesure de fréquence que l'on fait est la mesure de la fréquence f_0 ?
- Si l'oscilloscope était optimal et qu'on est une fréquence ultra-stable, quelle serait l'incertitude sur la mesure de fréquence ? Autrement dit, qu'est ce qui est limitant ? Et après ça (*résolution*) ?
- Est-ce que cette méthode fonctionne pour tous les signaux ?
- En transformée de Fourier, quelle est la résolution de mon acquisition ? (en fonction des paramètres de l'acquisition)
- Modes d'un laser. Qu'est ce qu'on voit avec un analyseur de spectre ?

Commentaires :

- mettre l'accent sur la résolution entre chaque méthode, pour mieux caractériser chaque méthode.
- Corde de Melde : Pas évident de le justifier vu que la mesure par lecture du GBF est plus précise. Si on le fait, il faut bien mettre en avant cette situation ambiguë.
- L'ajustement par la fonction de transfert n'est pas forcément conseillé... Puisqu'en fait la fonction de transfert est sans doute plus compliquée.
- Ce qui manque, c'est d'insister sur les paramètres qui influent sur la mesure (temps d'acquisition par exemple).
- Proposition de 1ère partie : On regarde une sinusoïde. En théorie quelle est la précision en temporel et en spectral ? Comparer les deux et le refaire en pratique. Et ensuite mettre ça en œuvre dans des domaines plus complexes.

- Il faut bien faire ressortir le problème de l'acquisition sous IGOR (nous on connaît les macros, mais pas forcément le jury).