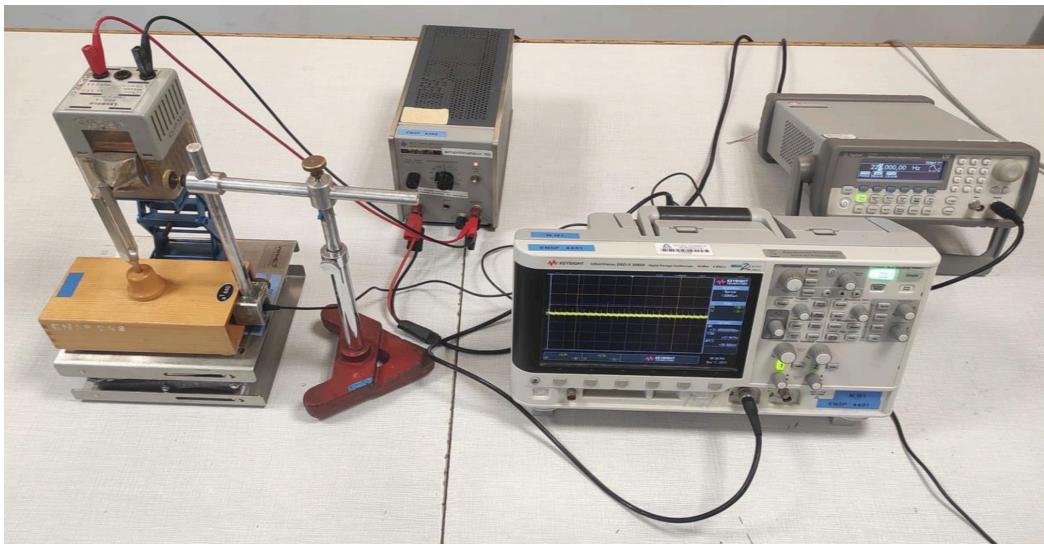


Manip 1 : Résonance mécanique

Référence : Poly TP - Série 1 - Electronique de base et Résonance



On s'attend à ce que $f_0 = 440$ Hz, et Q entre 1500 et 4500 d'après la notice du diapason.

La résonance est en fait à une fréquence (par le GBF) deux fois moins élevée (220 Hz) car la force magnétique exercée sur le diapason (par la bobine) est proportionnelle à l'énergie magnétique donc à B^2 . Quand on fait passer un courant alternatif dans une bobine, elle produit un champ magnétique variable :

$$B(t) = B_0 \cos(\omega t) \text{ alors } B^2(t) = B_0^2 \cos^2(\omega t) = \frac{B_0^2}{2} [1 + \cos(2\omega t)]$$

L'excitation magnétique contient une composante à la fréquence 2ω (440Hz) soit le double de la fréquence du courant (envoyée par le GBF 220Hz).

Le B^2 varie sans changement de signe (puisque c'est un carré). La force magnétique est toujours dans le même sens, elle ne fait pas « aller-retour » comme un sinus. Donc au lieu d'être un sinus de période 220Hz c'est un signal contenant deux bosses identiques par cycle ce qui correspond à une excitation à 440 Hz. Donc le diapason reçoit 2 coups identiques à 440 Hz mais sans distinction de phase entre les cycles (L'excitation n'alterne pas le sens de la poussée, elle pousse toujours "vers l'extérieur")

En revanche, si le diapason ne répond pas efficacement à cette fréquence (par exemple, s'il est trop amorti), il peut parfois entrer en résonance à une sous-harmonique, comme 220 Hz (où il peut bouger alternativement d'un côté puis de l'autre). Cela correspond alors à une réponse non linéaire du système, possible à cause de la nature non sinusoïdale de la force d'excitation (due au carré du champ magnétique). C'est ce qu'on appelle une réponse sous-harmonique, typiquement absente dans les systèmes linéaires, mais possible ici

Imagine que tu tapes deux fois de suite dans le même sens sur une balançoire pendant chaque aller-retour complet → la balançoire peut quand même se mettre à osciller mais à une fréquence deux fois plus lente que ton rythme de poussée si c'est ce qui lui convient mécaniquement.

La force magnétique n'est pas celle de Lorentz car il n'y a pas des particules chargées en mouvement. Le noyau est un objet massif neutre et immobile. C'est plutôt la force d'attraction sur ce matériau ferromagnétique (Noyau Fe) due au champ magnétique

variable dans le temps générée par la bobine. Elle est attractive dirigée vers les zones de fort champ (le centre de la bobine, vers le diapason). C'est une force d'origine magnétostatique : $\vec{F} = -\nabla E_m$ tq $E_m = \frac{1}{2} \int \vec{B} \cdot \vec{H} dV = \frac{1}{2\mu} B^2 V$

Protocole :

- On place un noyau de fer pointu dans une bobine, et le diapason juste à côté.
- Exciter diapason par le haut (plus haut possible et plus proche possible)**
- On place le micro dans la caisse de résonance et on le relie à un oscilloscope.
- On alimente la bobine avec un GBF relié à un amplificateur
- On se tait car en parlant ça affecte la mesure au micro et on aura beaucoup de fluctuations (bruit)
- On peut relier le GBF et l'oscillo à l'ordinateur et on peut faire le diagramme de Bode.

Mais ça ne marche pas car la f propre est très piquée avec un facteur de qualité énorme.

- Donc on mesure l'intensité U (à l'oscillo par la sortie du micro) en fonction de la fréquence envoyée (par le GBF). On choisit une vingtaine de fréquences autour de la fréquence de résonance du diapason (de 219 à 221 Hz en variant de 0.1Hz ou moins !).
- On trace la courbe de la réponse du diapason $U(f)$ en fonction de la fréquence d'excitation f sur Qtiplot et on fait l'ajustement par :

$$U(f) = \frac{U_0}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \frac{1}{Q^2} \frac{f^2}{f_0^2}}}$$

Cette formule correspond exactement à la réponse en fréquence d'un OH amorti, typique d'un filtre passe-bande résonant

On doit aider le fit sinon on trouvera pas les valeurs ($f_0 = 220\text{Hz}$ et $Q = 10^3$)

On s'attend à $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$ avec Δf à mi-hauteur (ou à -3dB) $Q = \frac{220}{217.75 - 218.89} = 300$

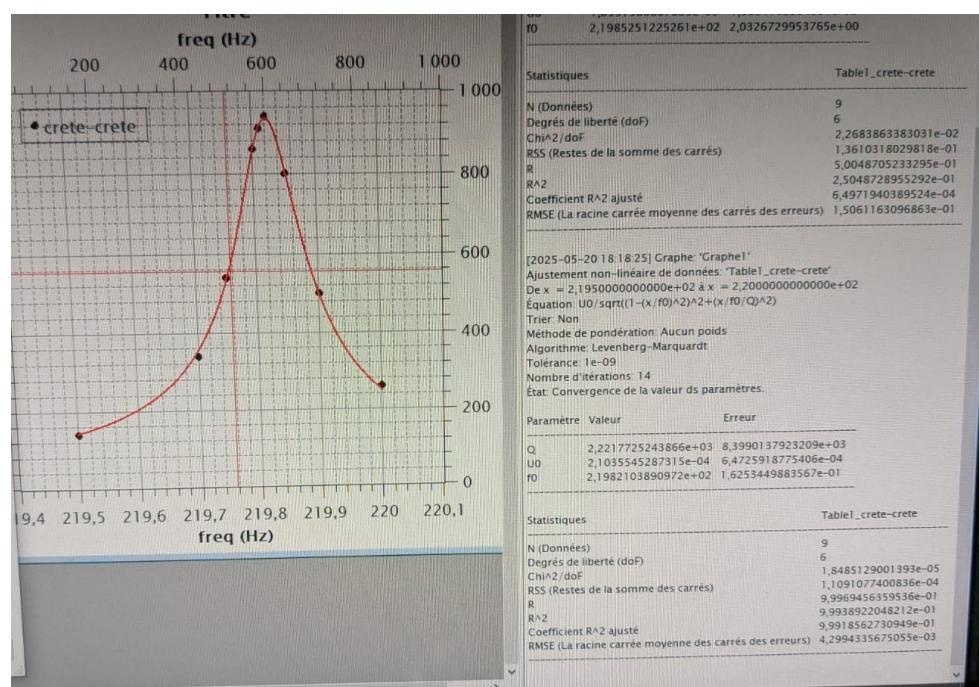
Là on trouve un χ^2_{red} très bas donc on a surestimé les incertitudes

Il est conseillé de plotter en fonction axe (2x) alors "double fréq" donc 440Hz. Donc on aura même Q mais avec des valeurs plus liées au diapason

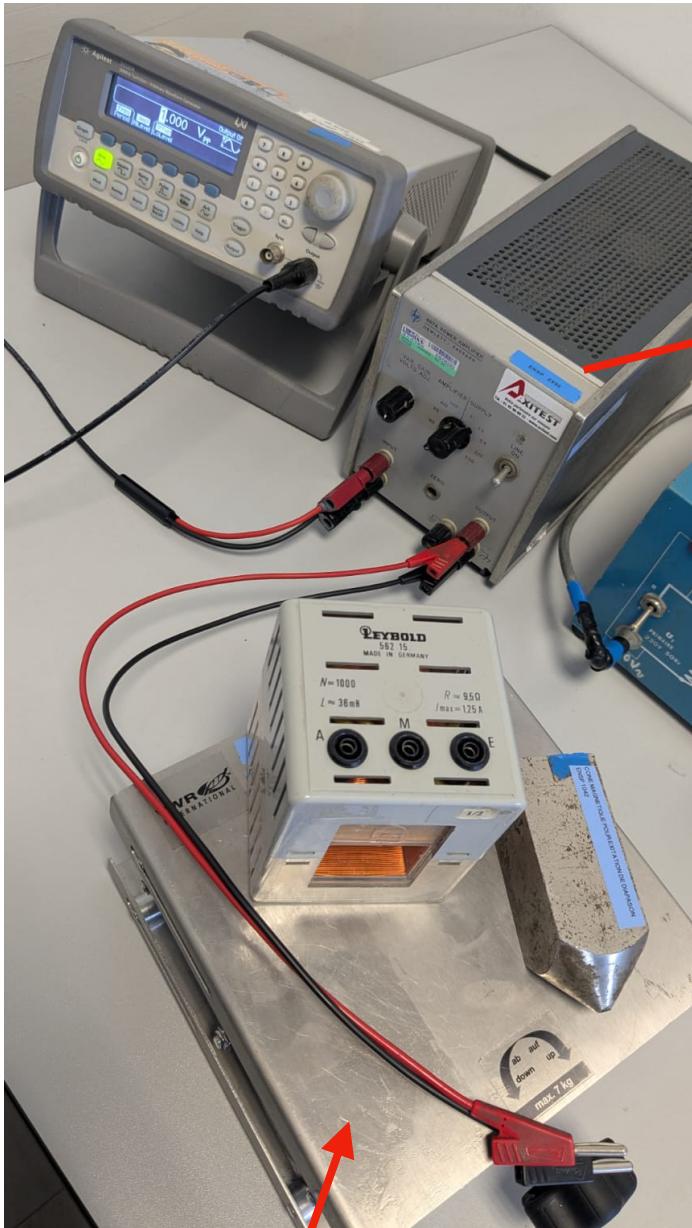
• On peut faire $f_0 = \frac{(1.8751)^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{Ea^2}{12\rho}}$ et

on trouve le module de Young E . Avec L la longueur de la branche du diapason et a l'épaisseur de la branche dans la direction du mouvement du diapason et $f_0=440\text{Hz}$ et $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$.

La valeur de référence est $E = 210 \text{ GPa}$.



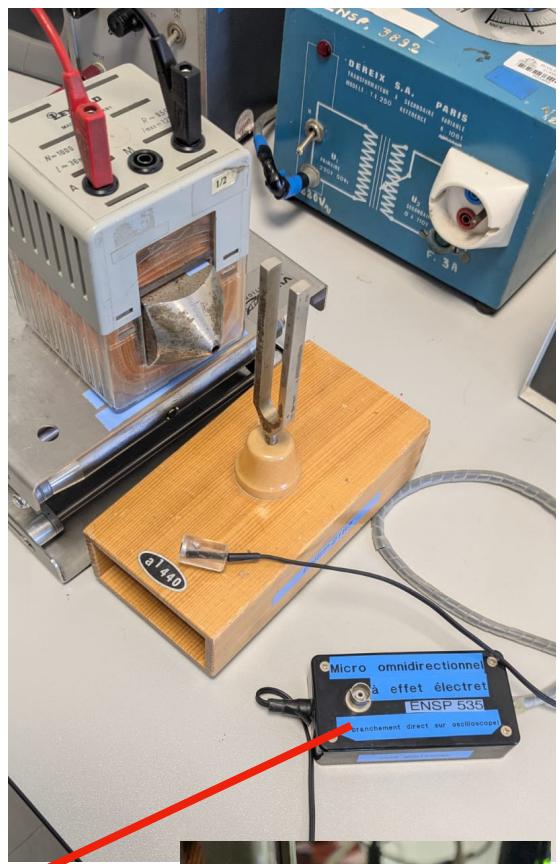
GBF vers Amplificateur (BNC-banane)



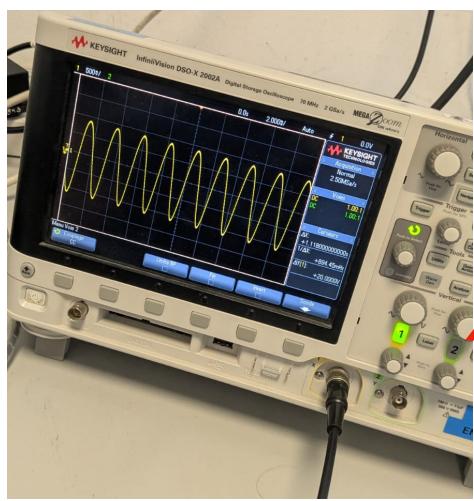
Amplificateur vers Bobine
(2 bananes)



Diapason +
sa caisse de résonance + Micro



Mettre la bobine du micro à l'intérieur de la cavité



Il faut mettre le bout du
Fer au point le plus
haut du diapason
+
Le plus proche possible
du diapason



Signal 2 (vert) = GBF à 220Hz
 Signal 1 (jaune) = Micro à 440Hz



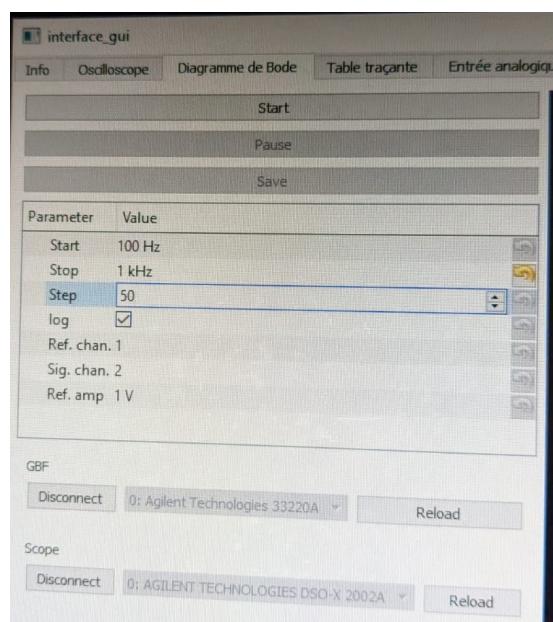
On peut exciter à 110Hz ou 440Hz ou 55Hz ..

Le diapason va quand même vibrer à 440Hz
 mais avec moins d'amplitude

il y a toujours une composante harmonique à
 440 Hz mais puisqu'elle est là une
 harmonique et pas une fondamentale donc
 elle est plus faible



On peut essayer de faire un
 diagramme de Bode
 en connectant GBF et oscillo à l'ordi



Sinon on le fait à la main sur Qtiplot

