

Ondes et Vibrations

TP1 : oscillateur mécanique

Février 2019

Raphaël Galicher

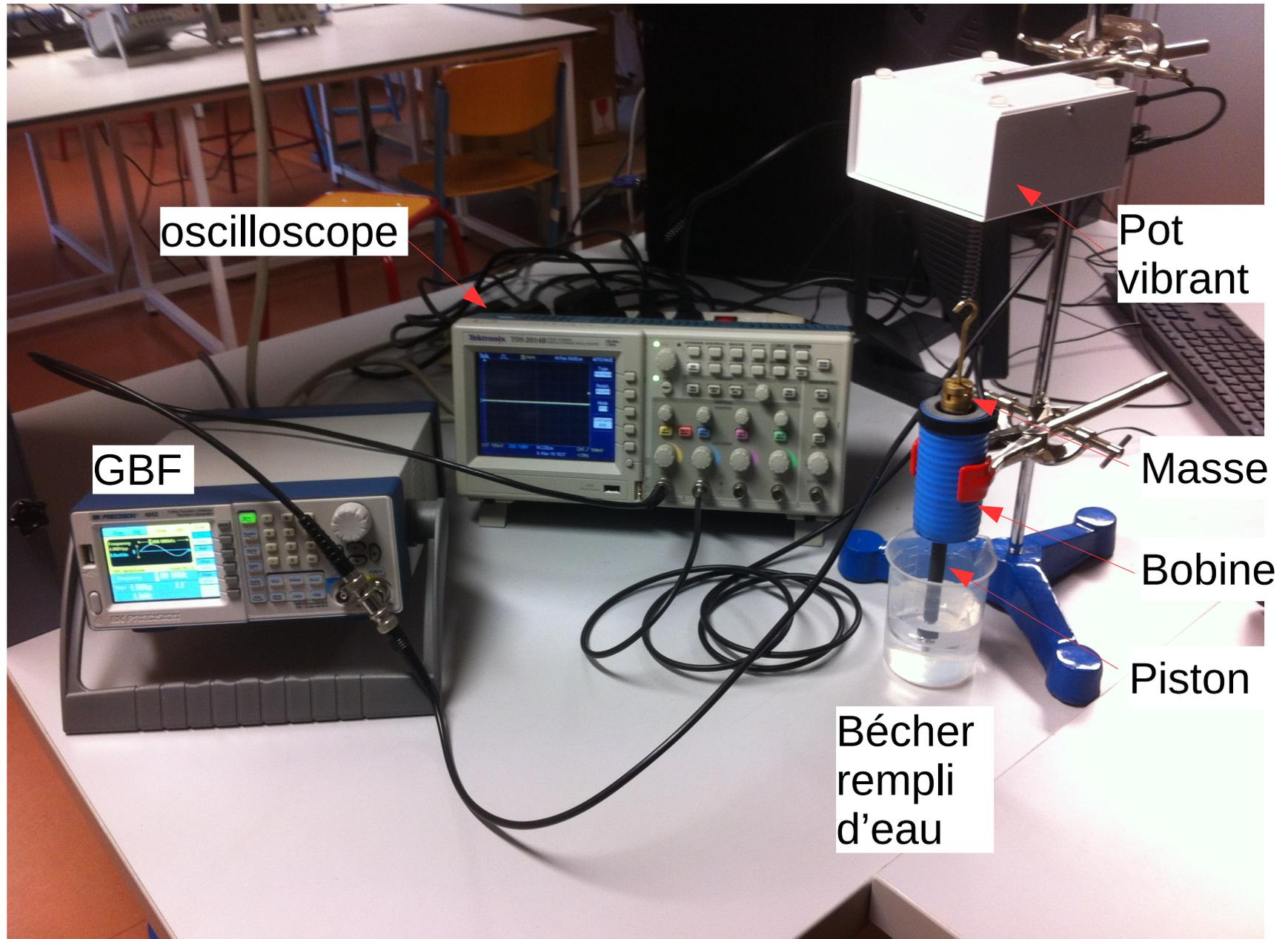
Introduction

Les mesures sont réalisées avec le montage qui est à la disposition des étudiants (voir le sujet du TP1 de l'année 2018-2019 de OV4). Seul le fluide utilisé pour le frottement n'est pas le même. Les résultats de ce document sont obtenus avec de l'eau tandis que les étudiants utiliseront un mélange 80% glycérol - 20% eau.

L'ensemble « masse + piston + aimant » accroché au ressort de raideur K a une masse $M = 83 \pm 1$ g.

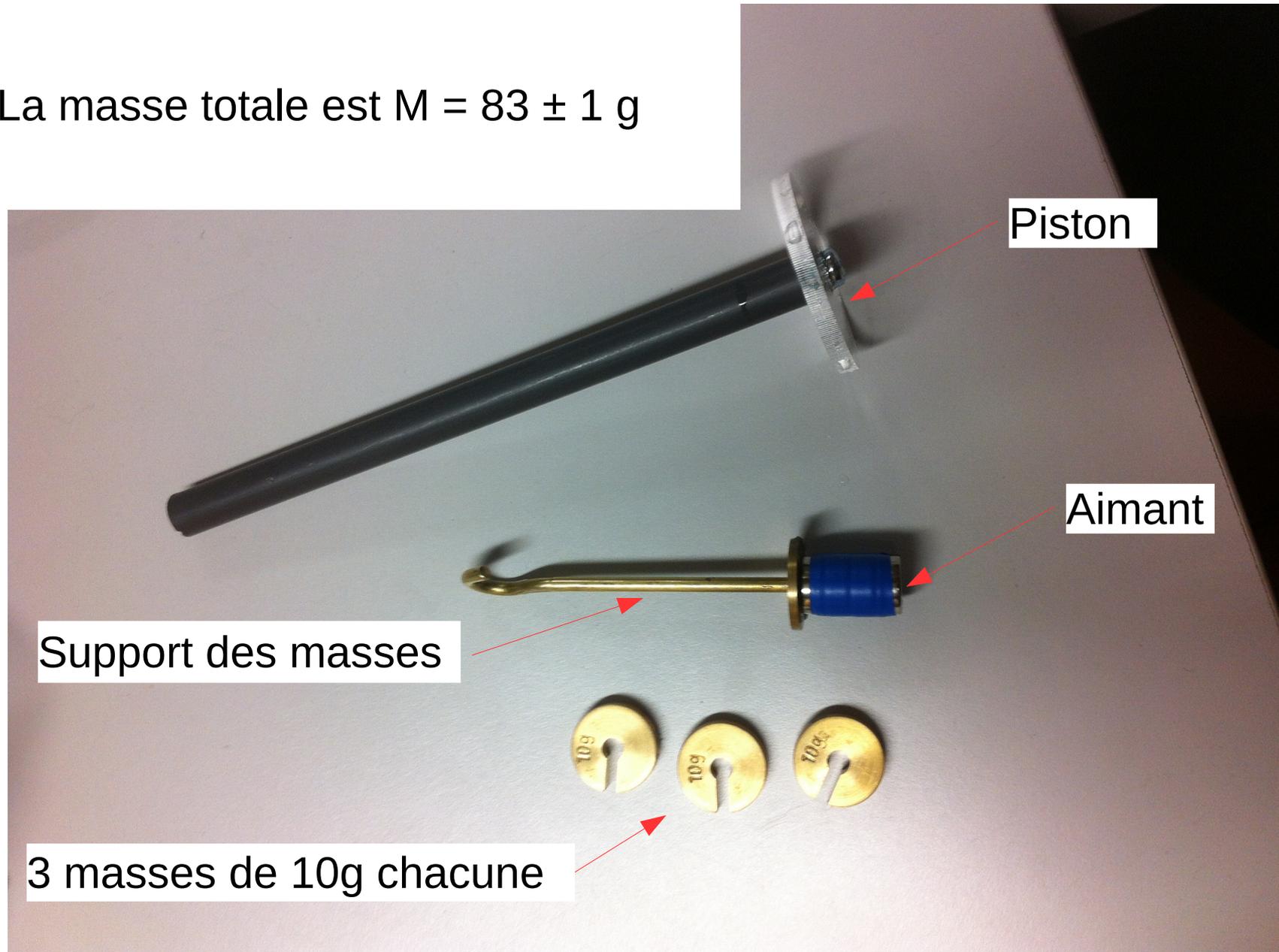
Le compte-rendu suit les questions du sujet.

Montage (1/2)



Montage (1/2)

La masse totale est $M = 83 \pm 1 \text{ g}$



Piston

Aimant

Support des masses

3 masses de 10g chacune

Régime libre

Question 1

ω = pseudo-pulsation

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1 - (1/(2Q))^2}$$

$$Q > 5 \Rightarrow 1/(2Q)^2 < 1/100 \Rightarrow \omega \approx \omega_0 (1 - 1/200)$$

Donc $\omega = \omega_0$ à 0,5 % près.

Question 2

Le graphe montre les mesures obtenues en régime libre.

$$15 T_0 = 3,620 \pm 0,020 / \sqrt{3} \text{ s}$$

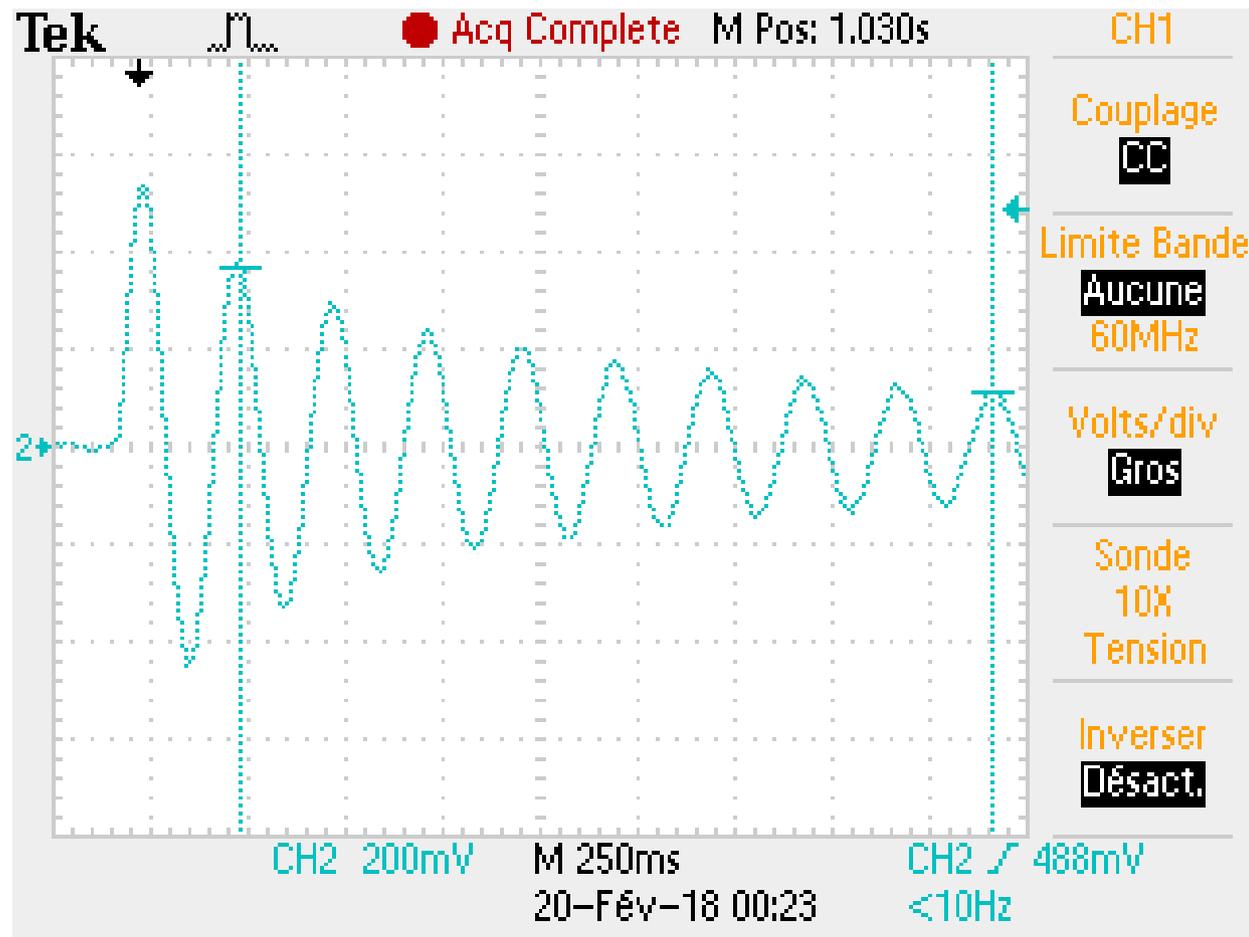
$$\Rightarrow T_0 = 241,3 \pm 1,5 \text{ ms}$$

L'incertitude est fixée par l'oscilloscope (d'où le $\sqrt{3}$).

$$K = 4 \pi^2 M / T_0^2$$

$$\Rightarrow K = 55,45 \pm 0,95 \text{ N.m}^{-1}$$

$$\Delta K / K = \sqrt{(2\Delta T / T)^2 + (\Delta M / M)^2}$$



Question 3

Test en Z : $|55,45 - 58,3| / \text{sqrt}(0,95^2 + 3,5^2) = 0,79 < 1,6$

Les deux valeurs de K sont compatibles.

Question 4

On suppose que $Q > 1$.

$A_i = g(t_i) = A_1 \exp(-\omega_0 t_i / (2Q))$ avec A_1 l'amplitude du 1^{er} maximum.

$\Leftrightarrow \ln A_i = \ln A_1 - \omega_0 t_i / (2Q)$

Question 5

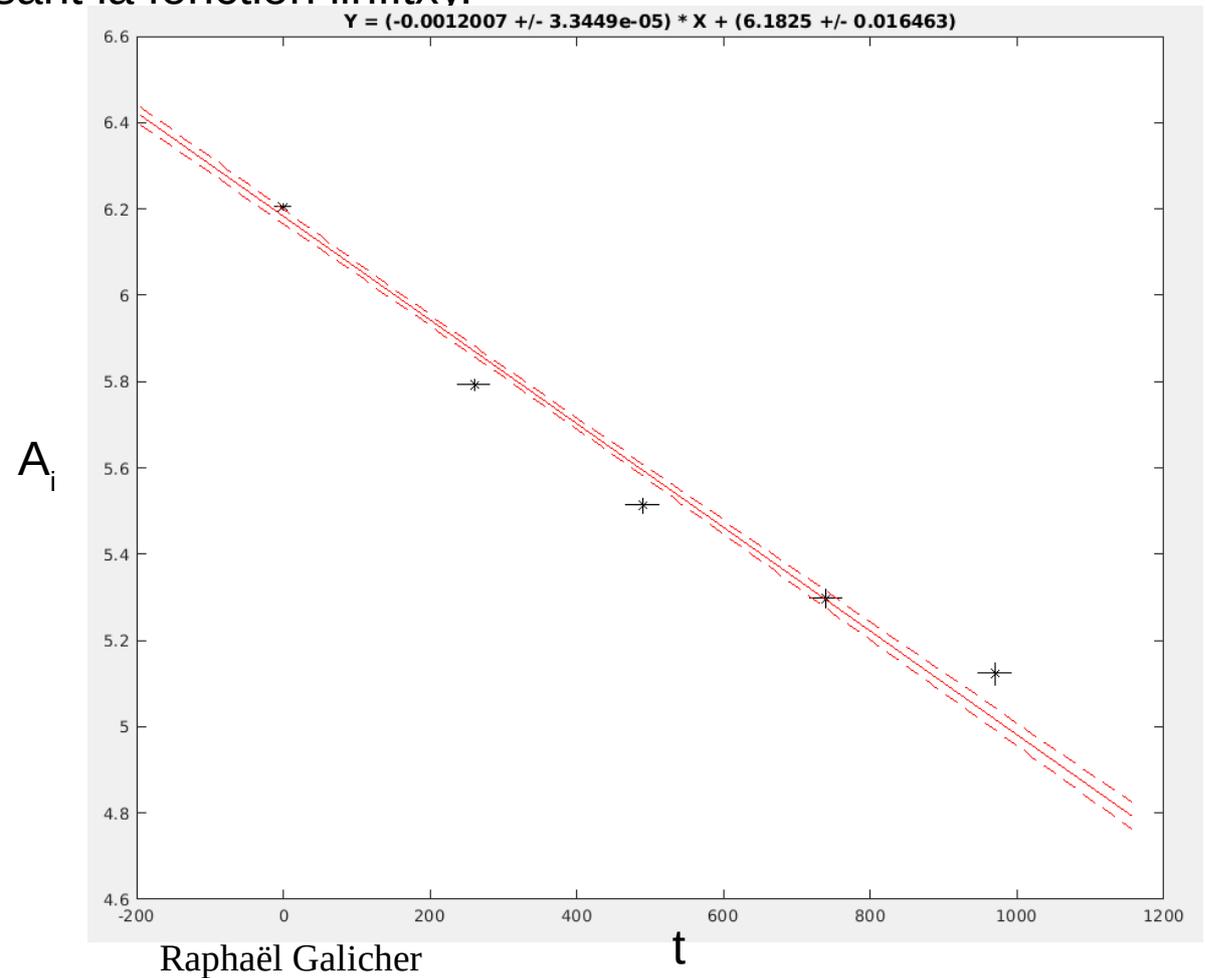
T_i (ms)	0	260	490	740	970
A_i (mV)	496,0	328,0	248,0	200,0	168,0
Δt_i (ms)	12	23	23	23	23
ΔA_i (mV)	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6

Question 5 (suite)

On trace $y = \ln A_i$ en fonction de t_i . D'après le modèle théorique, on devrait obtenir une droite dont la pente est $-b = -\omega_0/(2Q)$.

L'incertitude sur y est $dy = dA_i / A_i$

Ajustement des mesures en utilisant la fonction `linfitxy`.



Question 5 (suite)

L'ajustement donne

$$b = \omega_0 / (2Q) \Rightarrow Q = \omega_0 / (2b) \Rightarrow \mathbf{Q = \pi / (bT_0) \Rightarrow Q_1 = 10,8 \pm 0,31}$$

$$\Delta Q / Q = \text{sqrt}((\Delta T_0 / T_0)^2 + (\Delta b / b)^2)$$

$$\text{Puis : } \alpha_f = M\omega_0 / Q \Rightarrow \mathbf{\alpha_f = 2bM \Rightarrow \alpha_f = 0,1994 \pm 0,0060 \text{ N.s.m}^{-1}}$$

Remarque : on utilise l'expression de α_f en fonction de b pour minimiser la propagation des incertitudes

Régime sinusoïdal forcé

Question 6

Le signal observé est proportionnel à la vitesse. La fonction $V(f)$ est maximale pour $f_r = f_0$.

$$f_{r,1} = 1/T_0 = 4,144 \pm 0,026 \text{ Hz}$$

Question 7

Il faut attendre $T_{RP} \approx Q/f_0$

$$f=0,5 \text{ Hz et } Q=10 : T_{RP} \approx 2,4 \text{ s}$$

$$f=5 \text{ Hz et } Q=10 : T_{RP} \approx 2,4 \text{ s}$$

$$f=5 \text{ Hz et } Q=1000 : T_{RP} \approx 240 \text{ s}$$

Question 8

Pour le choix des fréquences, je conseille

1/ fréquence de résonance f_r . On mesure l'amplitude U_{\max}

2/ les deux fréquences f_1 et f_2 qui donne $U_{\max}/\sqrt{2}$

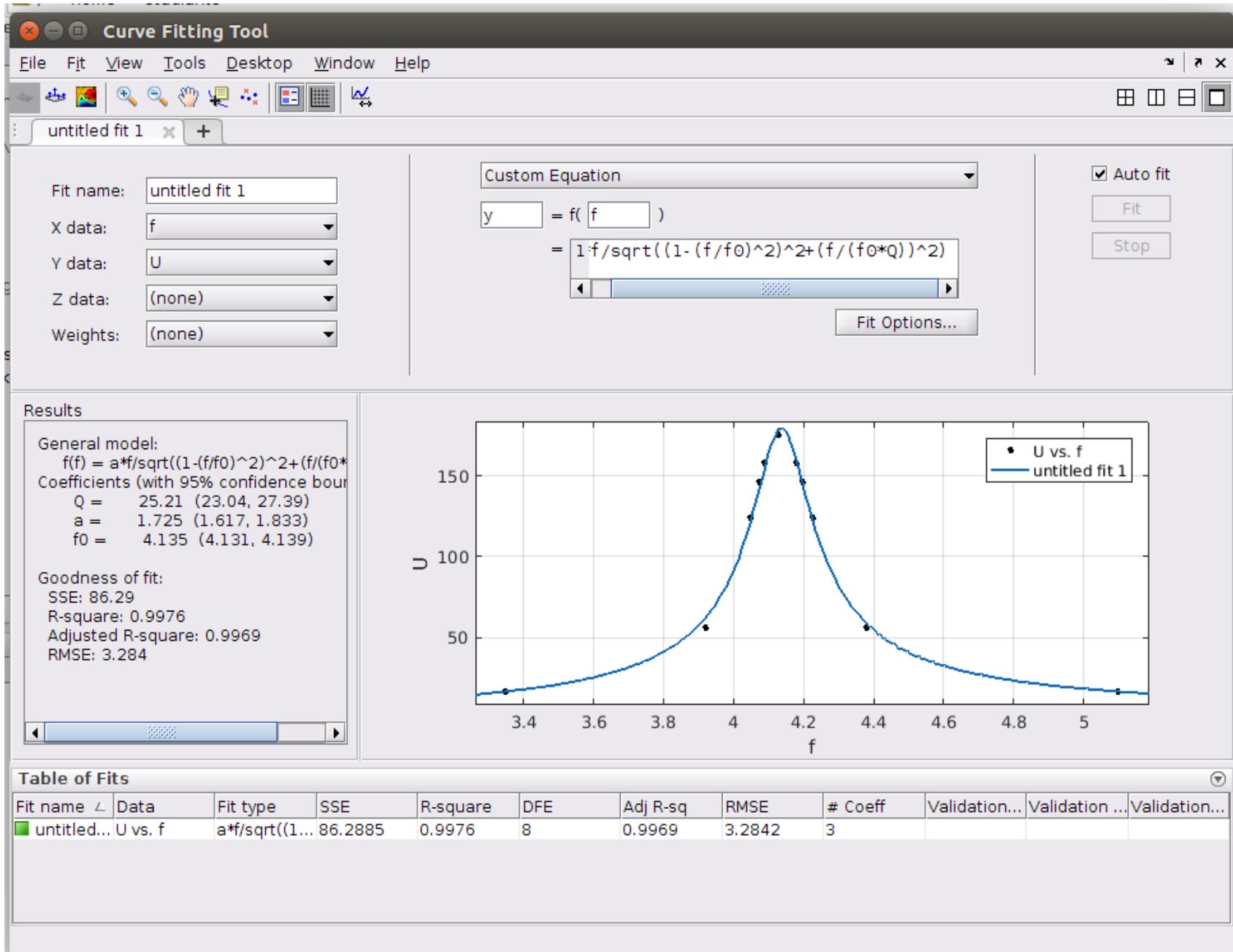
3/ quatre fréquences entre f_1 et f_2 pour décrire le pic de résonance

4/ deux (ou quatre) fréquences en dehors de $[f_1, f_2]$ pour décrire les « ailes » de la courbe

Question 8 (suite)

f (Hz)	3,920	4,048	4,073	4,089	4,130	4,179	4,196	4,226	4,380
U (mV)	56,0	124,0	146,0	158,0	176,0	158,0	146,0	124,0	56,0
ΔU (mV)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Question 9



Question 9 (suite)

D'après l'ajustement (qui n'inclut pas les incertitudes de mesures pour la même raison que dans le cas précédent)

$$f_{r,2} = 4,135 \pm 0,002 \text{ Hz}$$

$$Q_2 = 25,21 \pm 0,72$$

Comparaison de $f_{r,1}$ et $f_{r,2}$ à l'aide de Z-test

$$|f_{r,1} - f_{r,2}| / \text{sqrt}(\Delta f_{r,1}^2 + \Delta f_{r,2}^2) = 3 \cdot 10^{-4}$$

Comparaison de Q_1 et Q_2 à l'aide de Z-test

$$|Q_1 - Q_2| / \text{sqrt}(\Delta Q_1^2 + \Delta Q_2^2) = 18 > 1,6$$

=> les valeurs Q_1 et Q_2 ne sont pas compatibles.

L'écart est certainement dû à une mauvaise estimation de Q en régime libre. On a supposé que les frottements étaient visqueux, ce qui n'est pas le cas : d'ailleurs la décroissance de l'amplitude des oscillations en régime libre n'est pas exactement exponentielle. De plus, cftool ne prend pas en compte les incertitudes, et les incertitudes sur Q_2 doivent être sous-estimées