Ondes et Vibrations

TP3 : Corde de Melde

Février 2019

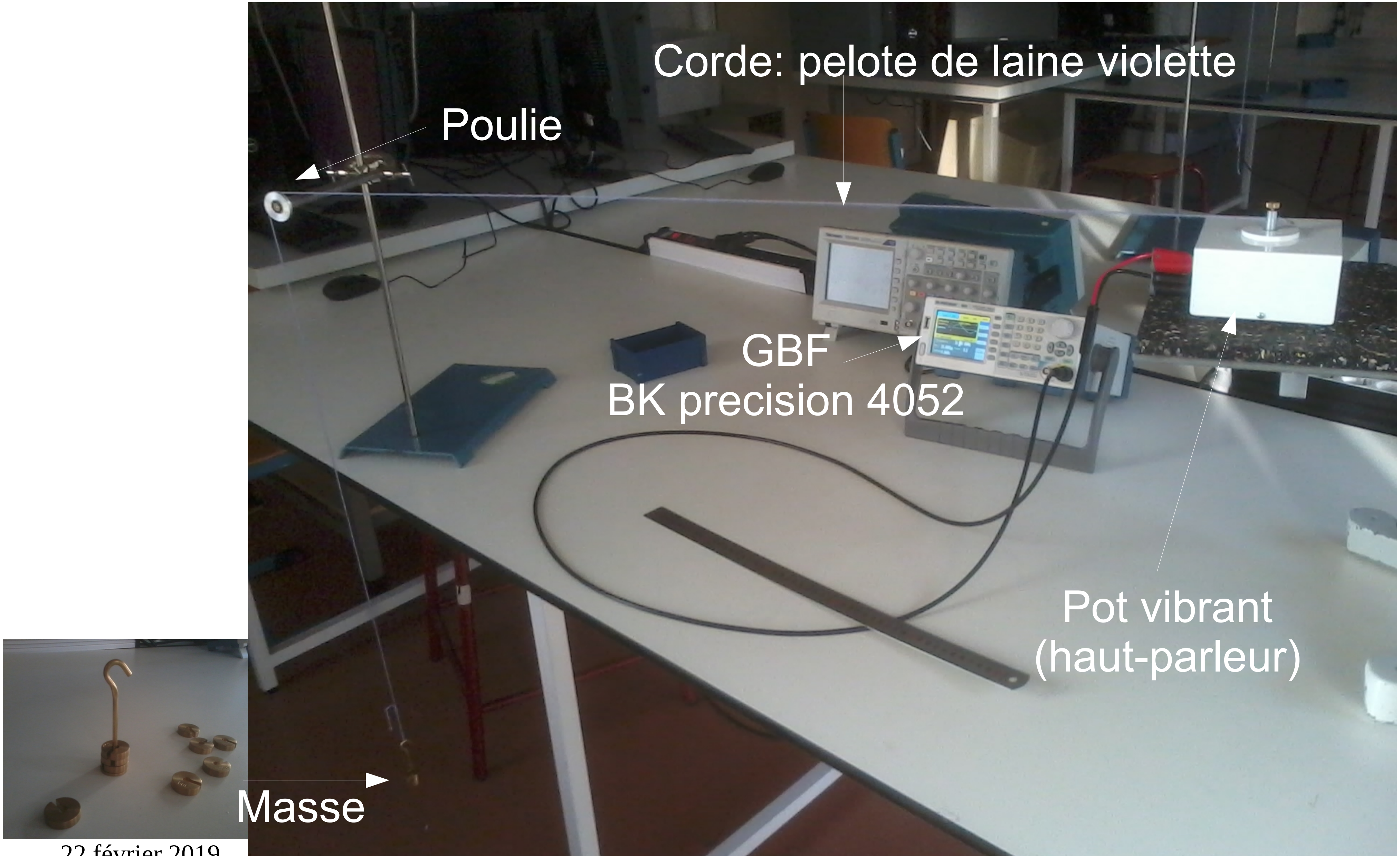
Raphaël Galicher

Introduction

Les mesures sont réalisées avec le montage qui est à la disposition des étudiants (voir le sujet du TP3 de l’année 2018-2019 de OV4).

Le compte-rendu suit les questions du sujet.

Matériel (1/2)


Corde: pelote de laine violette
Poulie
GBF
BK precision 4052
Pot vibrant
(haut-parleur)
Masse

Matériel (2/2)

<u>Pot vibrant</u>
1/ Il est écrit "Max 4V" sur les pots. On peut aller jusqu'à 20V peak-to-peak en mode sinusoïdal.

2/ pour les grosses charges (>80g), il possible que le pot arrête de vibrer. C'est très souvent parce que l'axe vertical fixé au haut-parleur se tord et touche le bord du support.
<u>Solution</u>: tordre à la main (délicatement) l'axe pour le remettre droit. Si vraiment cela ne suffit pas, tourner le pot vibrant de 180°. L'axe sera redressé.

<u>Masse</u>
La tige ainsi que chaque rondelle pèse 10g.

<u>Corde</u>
Il s'agit d'un fil d'une pelote de laine. La laine peut s'effilocher au cours des utilisations. Il y aura une pelote à disposition pour remplacer les cordes abîmées. Nous mettrons peut-être du fil de pêche à la place (nous devons faire une manip pour confirmer que cela fonctionne).

Il faut éviter que la corde se vrille. Si elle est vrillée, les oscillations se font dans les deux directions transversales.

Il faut que la corde soit bien parallèle au sol. Si elle est penchée, on peut exciter des modes longitudinaux (fréquences de résonance égales à la moitié de celles des modes transversaux) et voir un mélange des deux, surtout pour les petites longueur de corde
Ex: L=55cm, M=40g, $f_{1\ \text{longitudinal}} = f_{2\ \text{transversale}}$

Question 1

$c = 2 L f_1 \Rightarrow c = 30 \text{ m.s}^{-1}$

À 20 Hz, on s'attend à observer trois nœuds (x=0, L/2 et L) et deux ventres (L/4 et 3L/4).

Question 2

Longueur de corde : L = 150,0 +/- 1,0 cm et charge : M = 40,0 +/- 0,1 g.

On mesure les premières fréquences de résonance f_n.

Les incertitudes sur f_n sont fixées par l'utilisateur « quand est-on à la résonance ? »

Les incertitudes sur les positions des nœuds sont fixées par l'instrument de mesure (une règle de 50cm) et parce que les nœuds ne sont pas toujours ponctuels (surtout si la corde ne vibre pas dans un plan).

n	1	2	3	4	5
f_n (Hz)	10,65	21,5	32,35	43,4	54,4
df_n (Hz)	0,05	0,1	0,15	0,2	0,1
Distance des nœuds à l'extrémité excitée (cm)	0 150	0 75,0 ± 0,5 150	0 50 ± 0,5 100 ± 0,5 150	0 37,5 ± 0,5 75,0 ± 0,5 135,5 ± 0,5 150	0 30 ± 0,5 60 ± 0,5 90 ± 0,5 120 ± 0,5 150

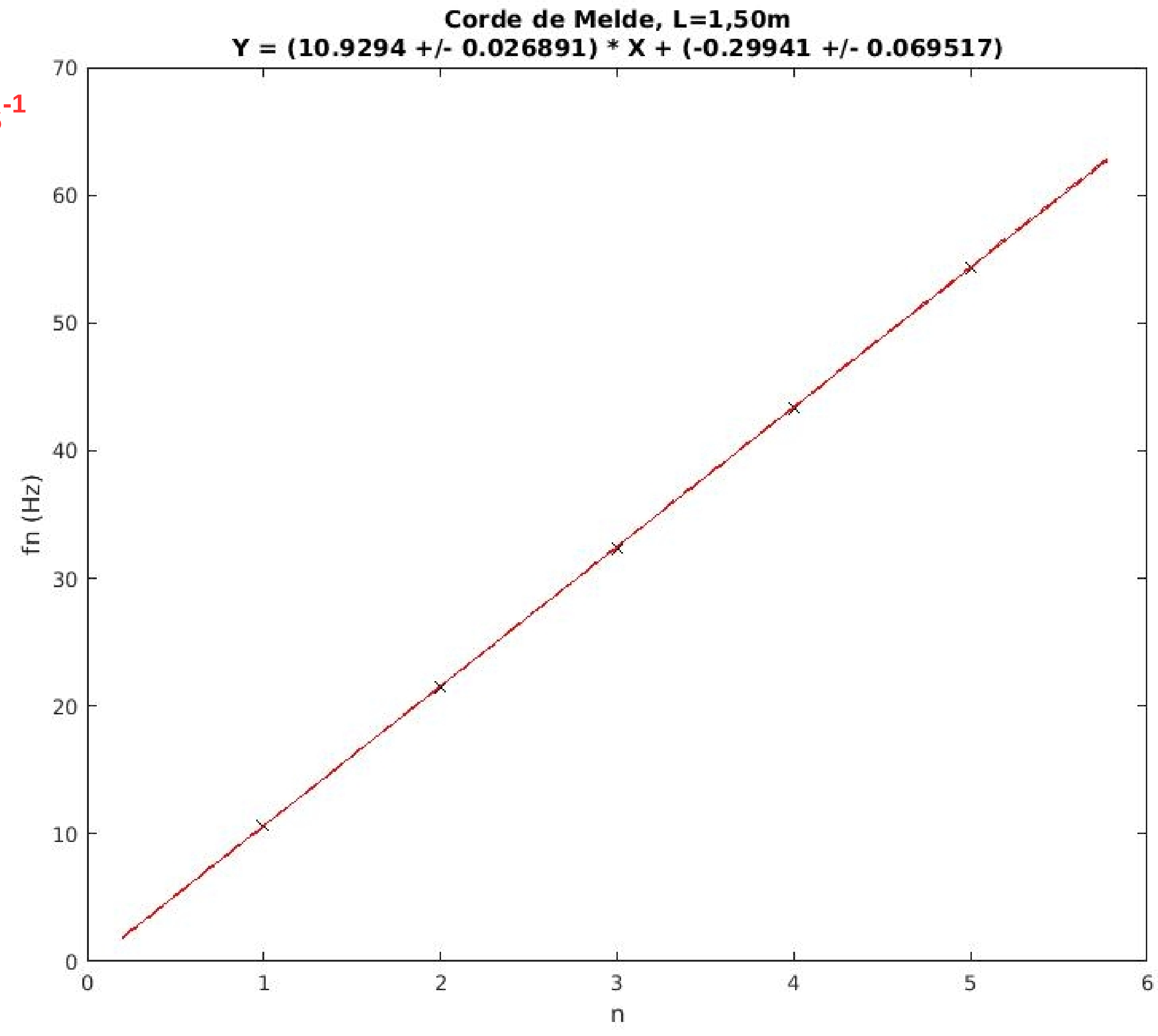
Question 3

On vérifie que f_n est une fonction linéaire de n et on en déduit la vitesse de propagation de la pente p.

$c_1 = 2\,L\,p$

d'où : **c_1 = 32,79 +/- 0,23 $m.s^{-1}$**

c1 = sqrt ($(\Delta p/p)^2 + (\Delta L/L)^2$)



Question 4

Longueur de corde : L = 100,0 +/- 1 cm

Les incertitudes sur f_n sont fixées comme dans la question 2.
Les incertitudes sur M sont de 0,1g (mesurée à la balance électronique).
Les incertitudes sur c sont données par c = sqrt ($(\Delta f_2/f_2)^2 + (\Delta L/L)^2$)

M (g)	10	30	50	70	90
f_2 (Hz)	16,50	28,05	36,10	43,55	48,00
df_n (Hz)	0,10	0,15	0,10	0,15	0,50
c ($m.s^{-1}$)	16,50	28,05	36,10	43,55	48,00
Δc ($m.s^{-1}$)	0,19	0,19	0,17	0,17	0,24

Question 5

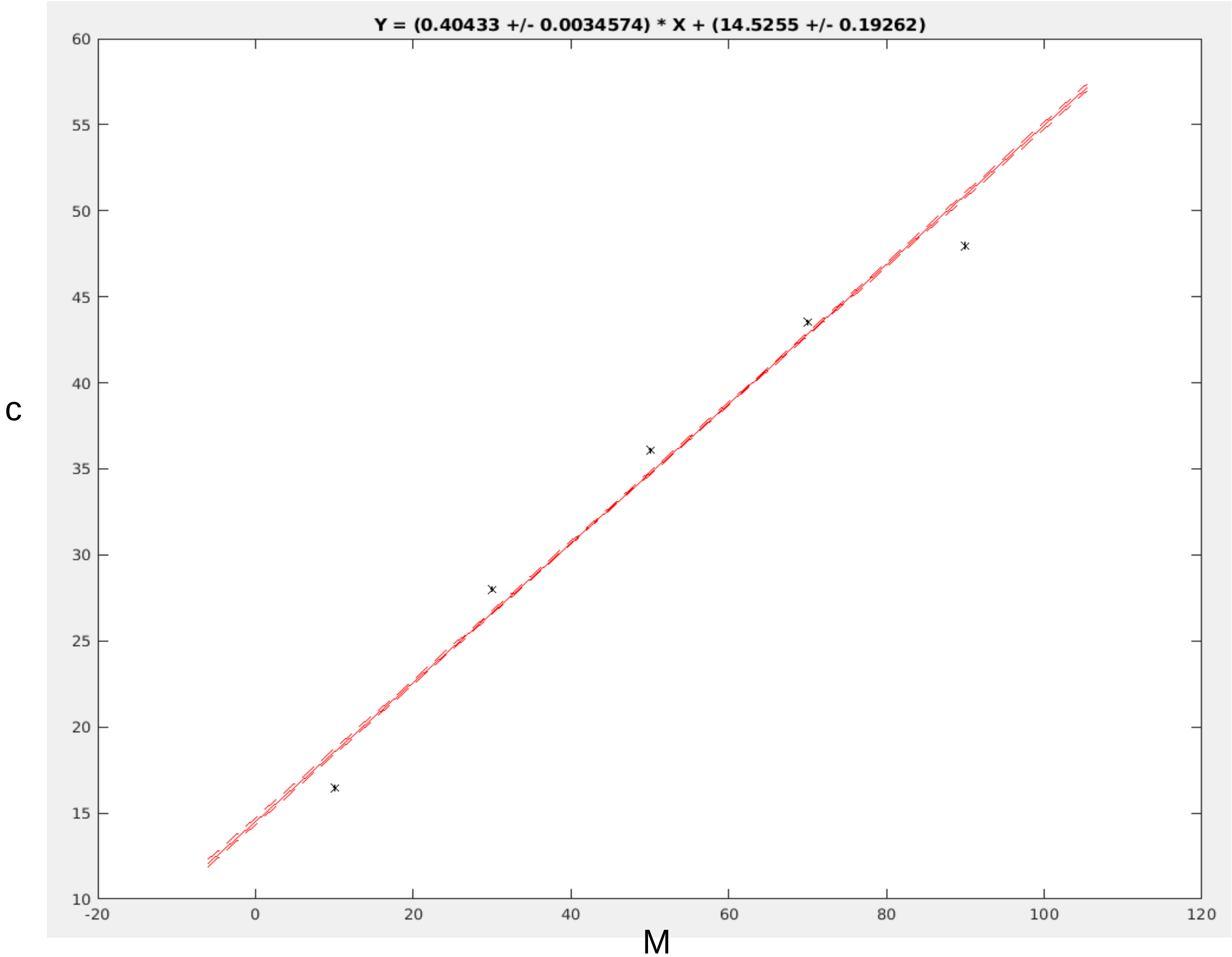
Toutes les expressions sont homogènes à une vitesse.

Question 6

La vitesse augmente avec M, ce qui élimine les deux expressions en m/M et sqrt(m/M).
Les pages suivantes montrent les ajustements avec les autres lois proposées.

Question 6 (suite)

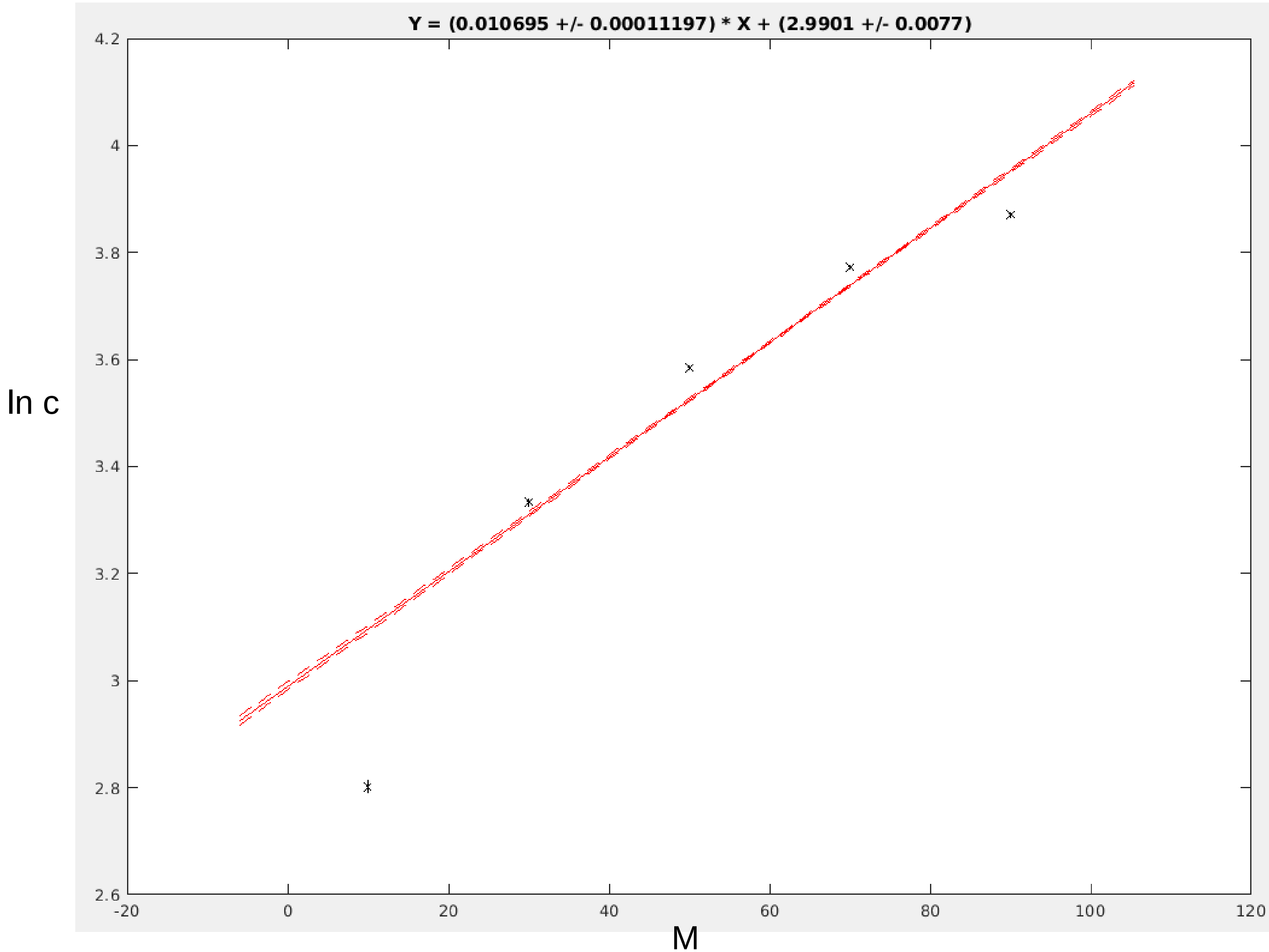
La loi linéaire c = M/m sqrt(gl) n’est pas en accord avec les mesures.



Question 6 (suite)

La loi exponentielle $c = 2pi\, e^{-M/m}\, sqrt(gl)$ n'est pas en accord avec les mesures.

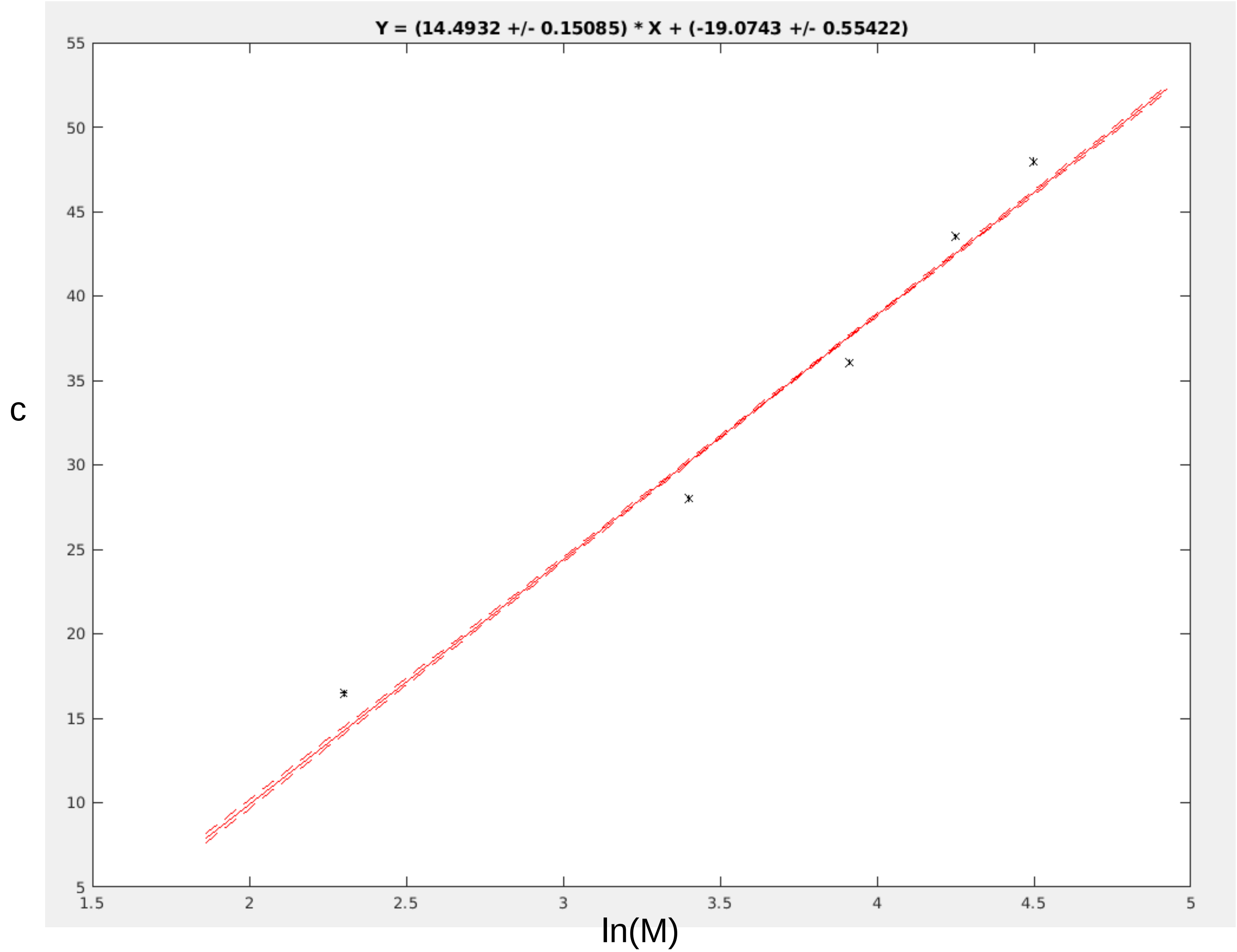
$c = 2pi\, e^{-M/m}\, sqrt(gl) \Leftrightarrow \ln c = \ln [2*pi*sqrt(gl)] - M/m \Rightarrow$ Tracer ln c en fonction de M.



Question 6 (suite)

La loi logarithmique c = 1/2pi ln(M/m) sqrt(gl) n'est pas en accord avec les mesures.

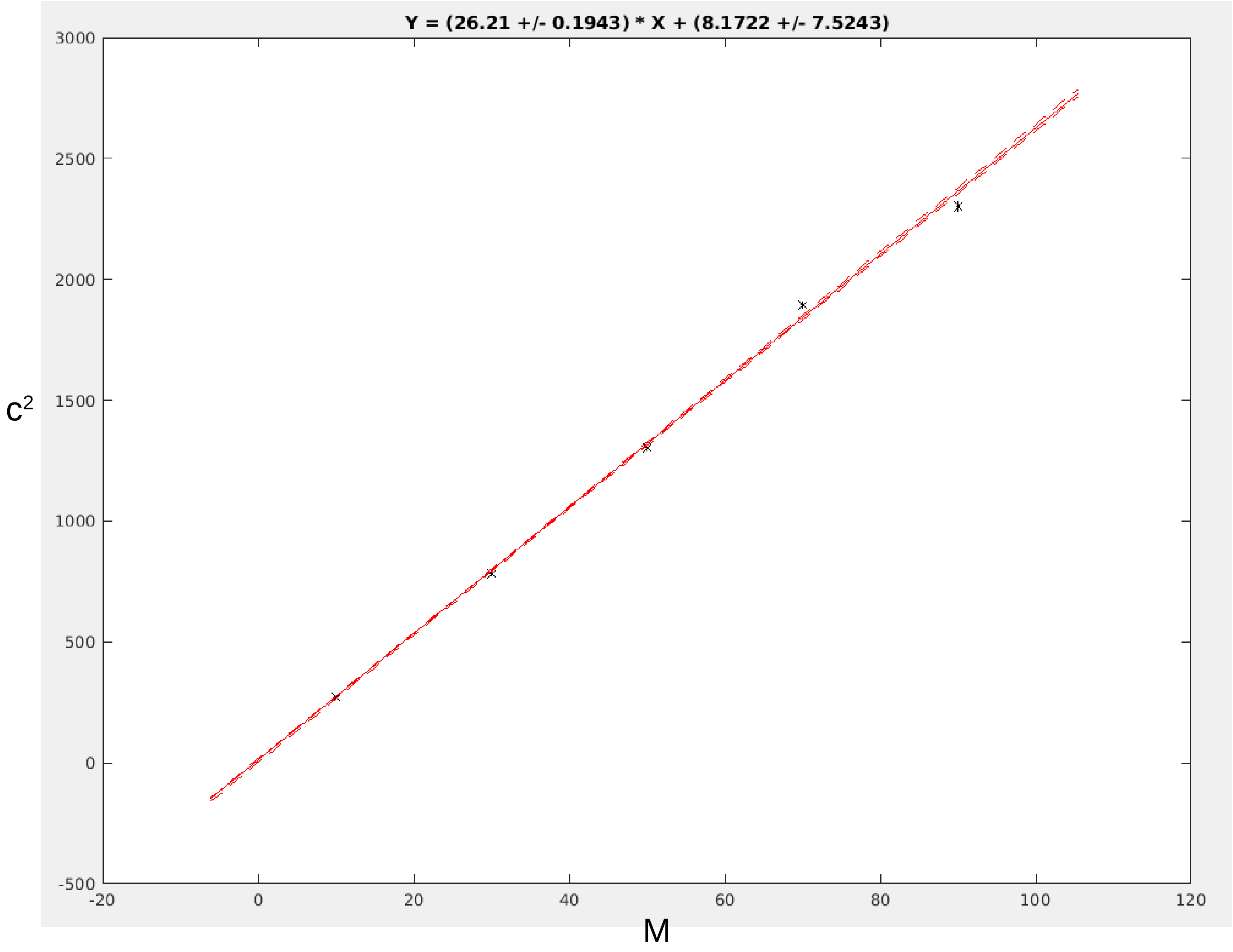
c = 1/2pi ln(M/m) sqrt(gl) => Tracer c en fonction de ln(M).



Question 6 (suite)

La loi en racine carrée sqrt(gLM/m) est en accord avec les mesures.

c = sqrt(glM/m) <=> c^2 = M*gl/m => Tracer c^2 en fonction de M.



Question 6 (suite)

Le coefficient directeur est a = gL/m = 26,21 ± 0,19 $m^2.s^{-2}.g^{-1}$

On en déduit :
m = gL/a => **m = 374,2 ± 4,6 mg**

Et la masse linéique est : μ_1 = m/L => μ_1 = g/a => **μ_1 = 374,2 ± 2,7 $mg.m^{-1}$**
Remarque : l'incertitude sur μ_1 est plus petite que celle sur m car on l'obtient directement à partir de a.

Question 7

En pesant 13,57 +/- 0,01 m de corde avec une balance de précision, on mesure :
μ_2 = 368 +/- 37 $mg.m^{-1}$

Le Z-test donne :

$Z=|\mu_1-\mu_2| / \mathrm{sqrt}(d\mu_1^2 + d\mu_2^2)$

Z = 0,17
Les deux mesures sont en accord.

Question 8

M = 40 ± 0,1 g

L (m)	0,550	0,700	1,00	1,36	1,15
ΔL (m)	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01
f2 (Hz)	60,2	47,7	32,6	24,6	22,0
Δf2 (Hz)	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2

Question 9

Il faudrait tracer f_2 en fonction de 1/L.

Question 10

La pente de l'ajustement linéaire donne l'estimée c_2 : **$c_2 = 33{,}03 \pm 0{,}49$ m.s^{-1}**

La comparaison avec la valeur c1 obtenue à la question 3 donne :
Z = |c1 – c2| / sqrt($\Delta c_1^2 + \Delta c_2^2$) = 0,44 < 1.96 => les mesures sont en accord.

Question 10 (suite)