Smartphone Instrument de Mesure

Réunion IRES

13 décembre 2017

Renaud Mathevet

Plan

1) Présentation de Phyphox

2) Un classique: le pendule

3) Moins classique: 2 SM dans un pendule

4) Analyse du bruit

Plan

1) Présentation de Phyphox

2) Un classique: le pendule

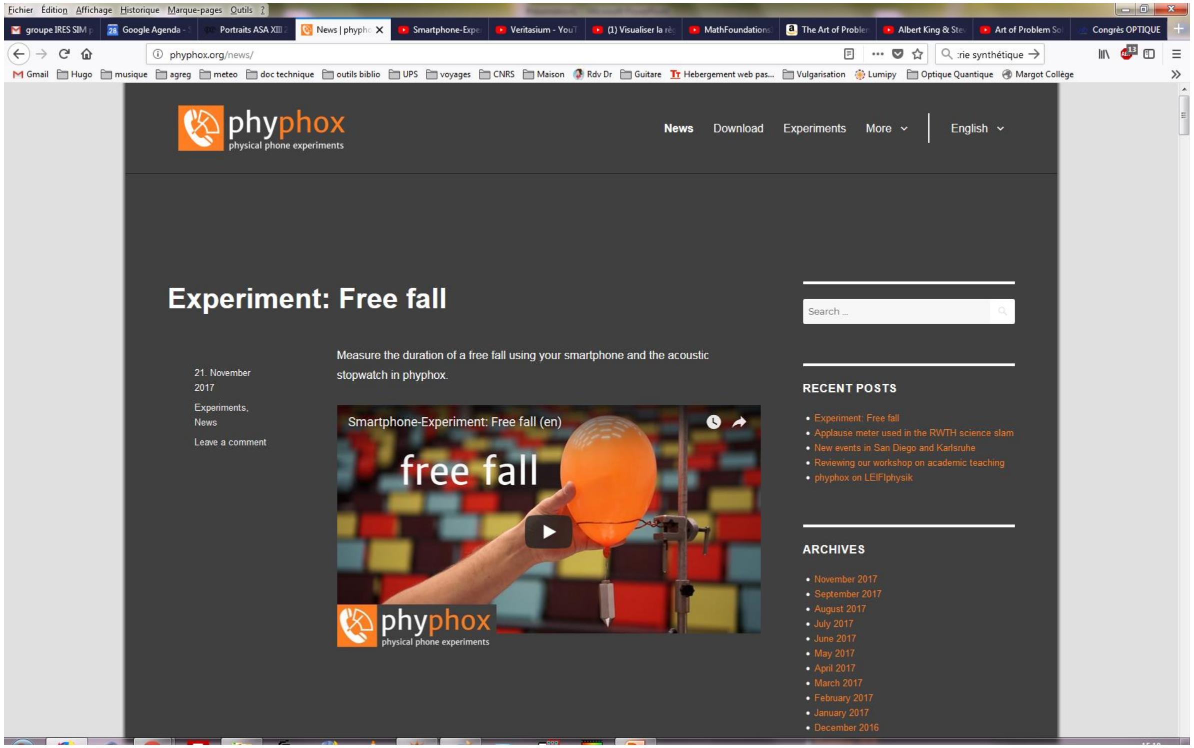
3) Moins classique: 2 SM dans un pendule

4) Analyse du bruit

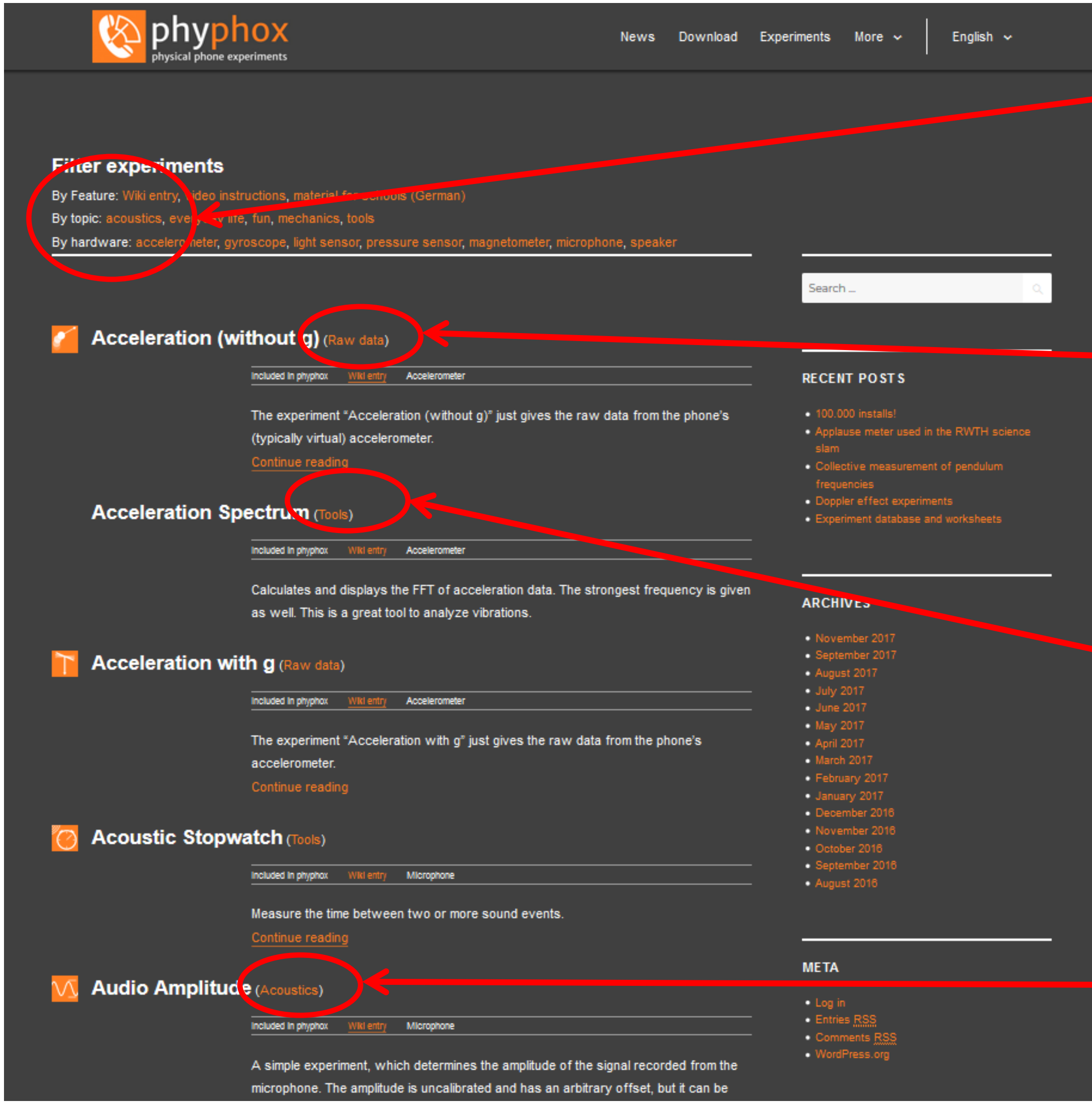
Plateforme

Phyphox: www.phyphox.org

Université de Aachen, Allemagne (Aix la Chapelle)



Phyphox



40 entrées

Options de tri:
- Par support: vidéo, wiki…
- Par thème: acoustique…
- Par capteur

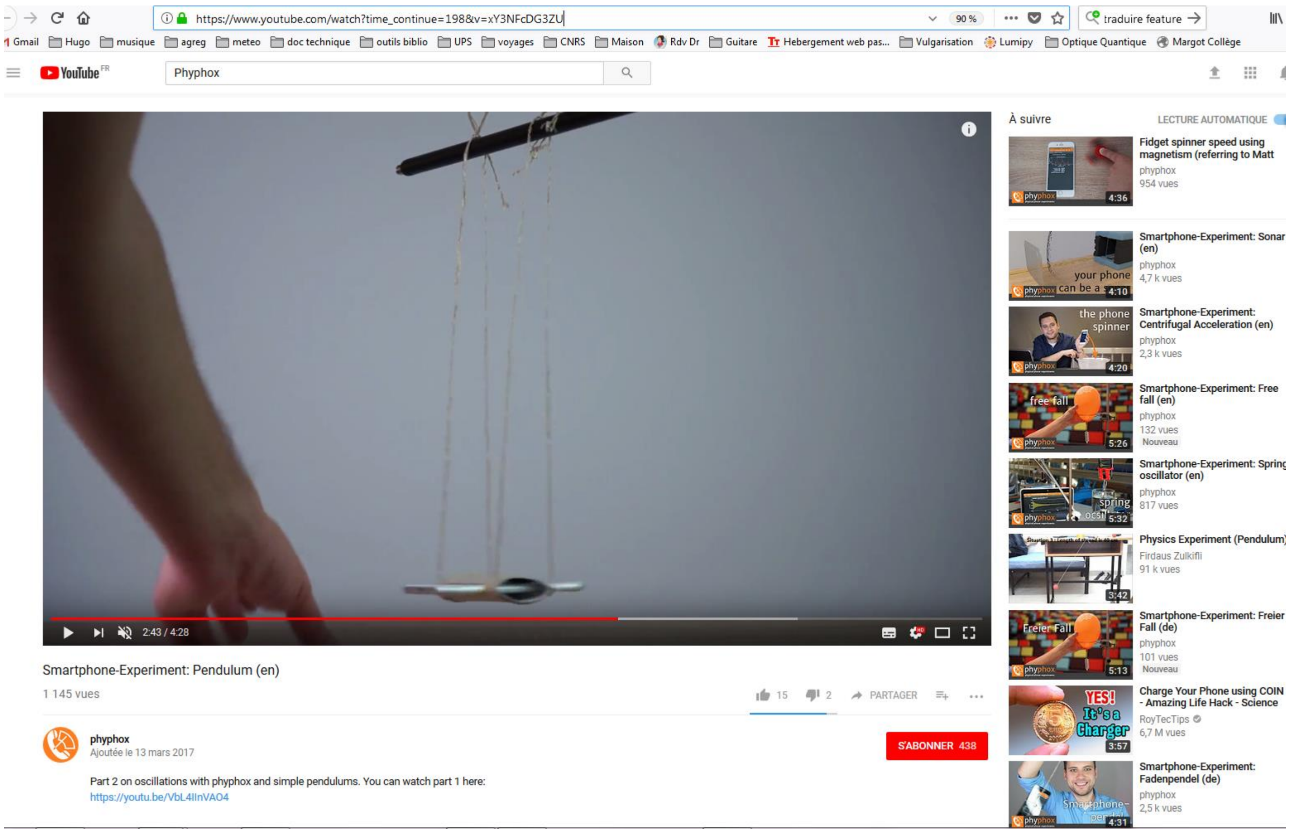
Raw data: données brutes du capteur avec fonction export (Excel ou équivalent)

Tools: outil de traitement des données brutes (pour copier-coller dans ses propres programmes

Acoustics: thème d’une expérience clé en main

Manip pendule Phyphox

- 7 ou 8 manips filmées: projeter celle du pendule
- Pendule: données brutes du capteur



Mon montage

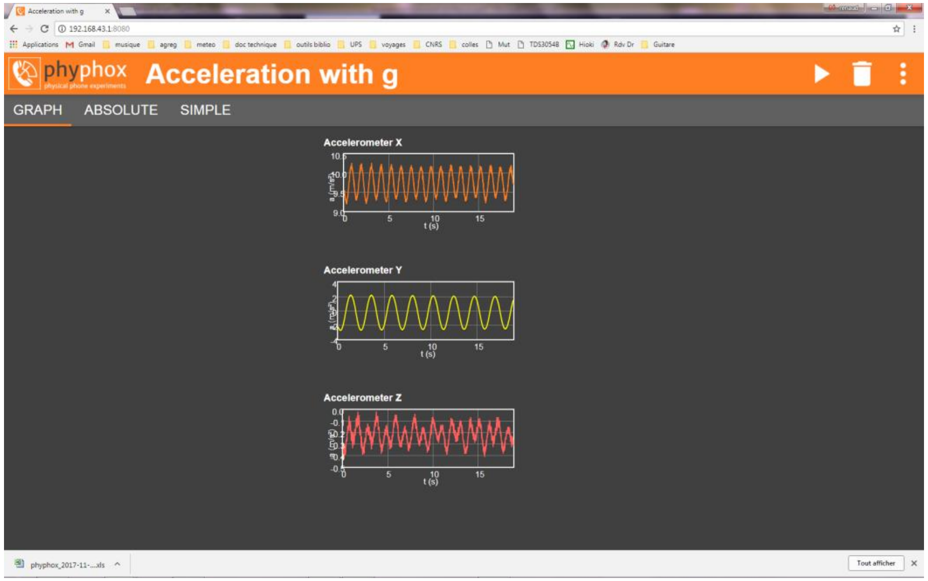
185 +/-1mm

1283 +/-3mm

Enveloppe à bulles
2 fils électriques fins

Accès à distance

1. Télécharger l'application Phyphox sur le portable
2. Configurer le smartphone en « point d'accès wifi »
3. Dans les paramètres de connexion, récupérer le mot de passe: 59d78ece
4. Connecter le réseau wifi de l'ordinateur (portable) sur le smartphone avec le mot de passe ci-dessus
5. Lancer l'application Phyphox, choisir le programme « Acceleration with g » et ouvrir le menu en haut à droite (… verticaux)
6. Cocher « allow remote access »: une adresse s'affiche: http://192.168.43.1:8080
7. Copier l'adresse dans le navigateur de l'ordinateur



On pilote le smartphone à distance

- Acquisition 3 axes
- À la fin, export des données (.xls, .csv…)

Plan

1) Présentation de Phyphox

2) Un classique: le pendule

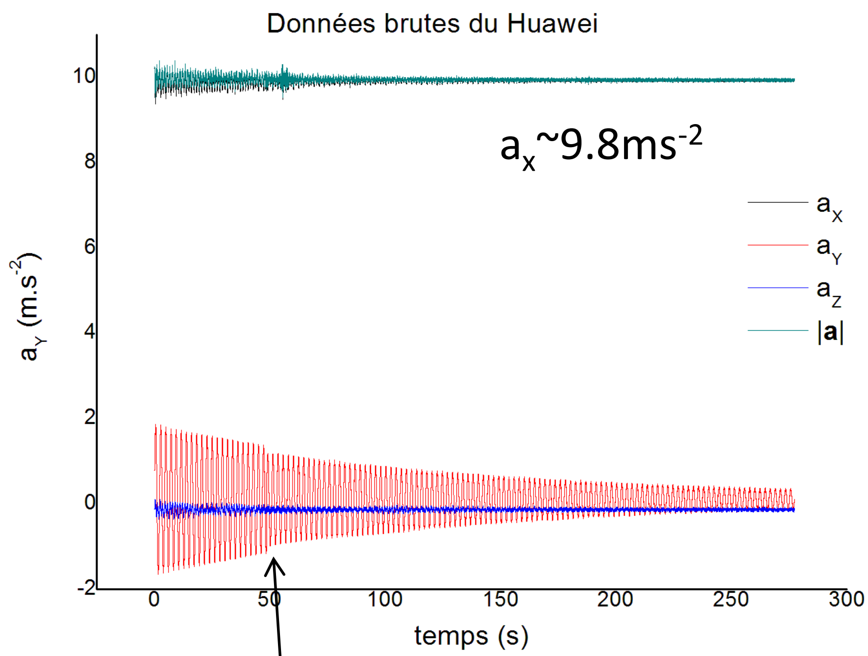
3) Moins classique: 2 SM dans un pendule

4) Analyse du bruit

Première manip

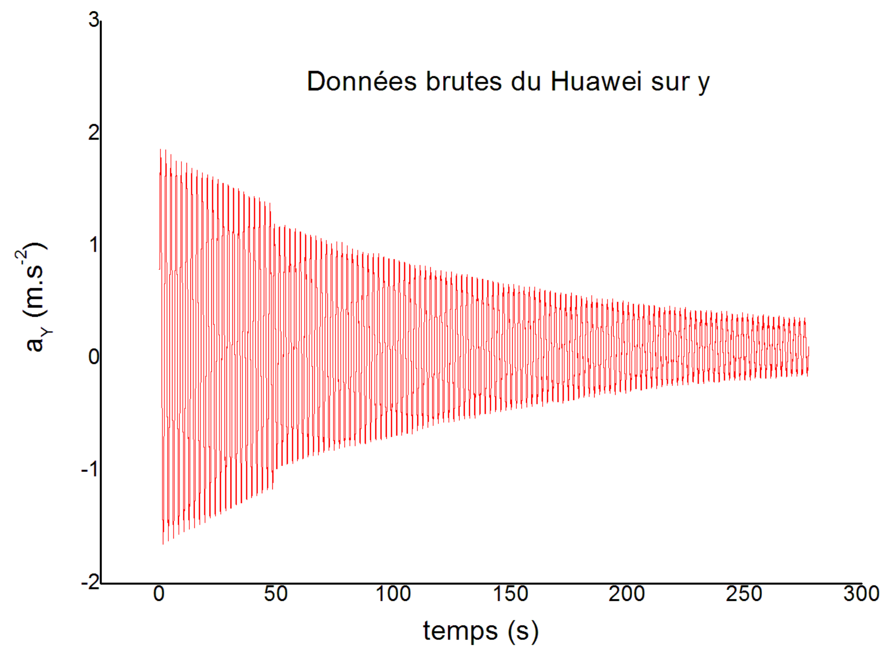
- Smartphone « Huawei »
- Enregistrement sur 5 minutes
- 40k échantillons

Résultats bruts



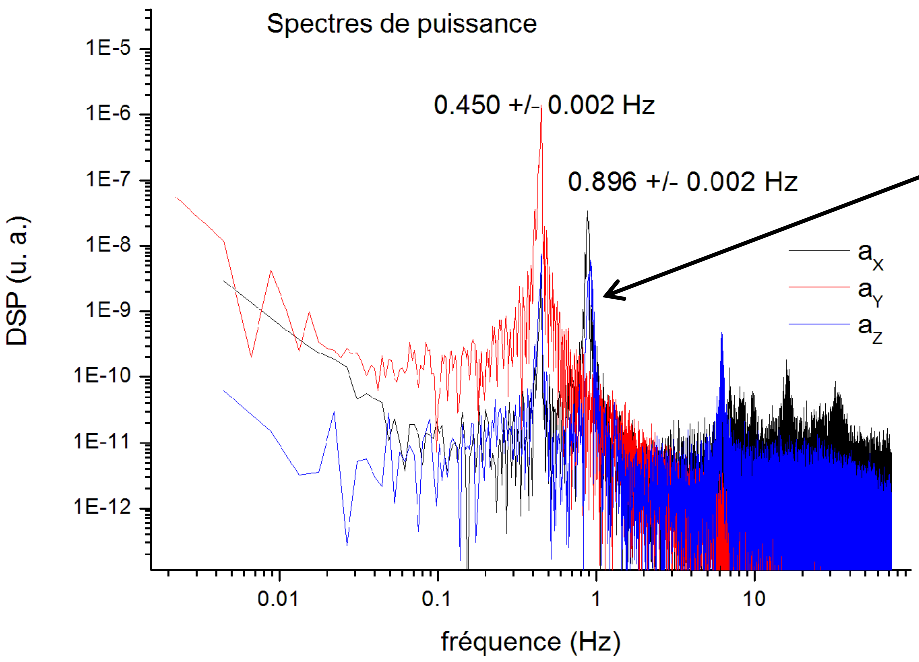
a_x~9.8ms^{-2}

Interruption/reprise
enregistrement



f~0.44Hz
τ~150s
Q~2π 340

Spectre



harmonique:
oscillations transverses

$$f_{att.} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$$

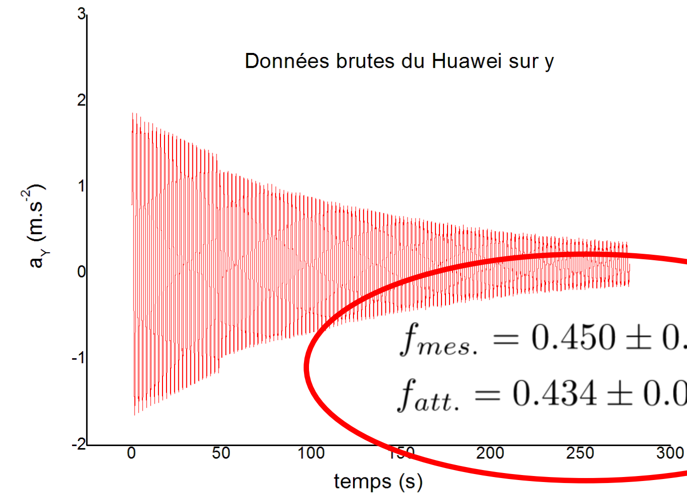
L=1319 +/- 3 mm

g=9.80 +/- 0.02 ms^{-2}

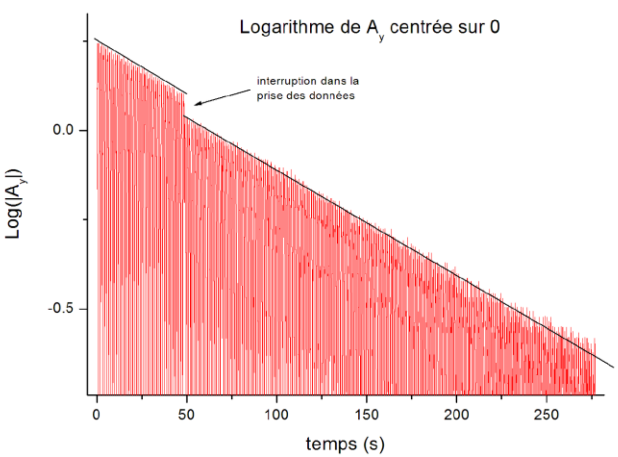
$f_{att.}$= 0.434 +/- 0.0007 Hz

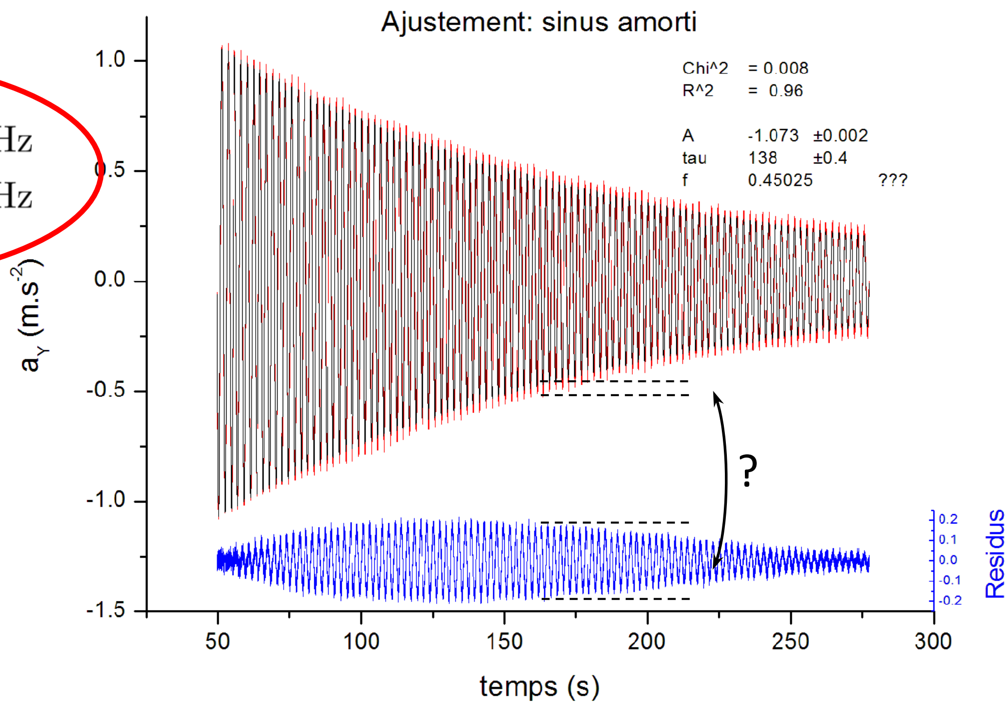
non compatible: modèle? mesures?

Ajustement



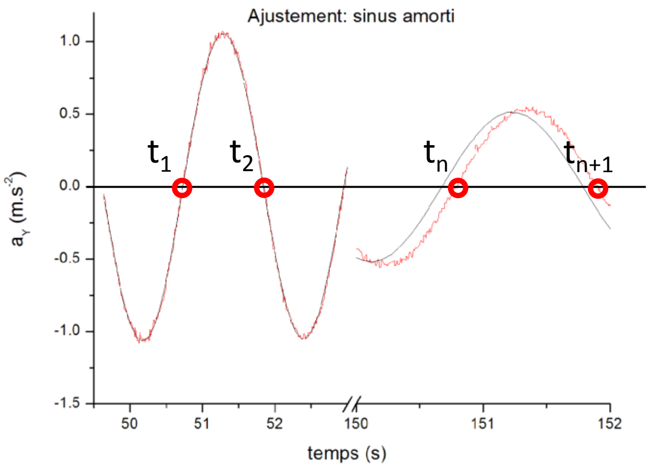
$$f_{mes.} = 0.450 \pm 0.002\,\mathrm{Hz}$$
$$f_{att.} = 0.434 \pm 0.0007\,\mathrm{Hz}$$



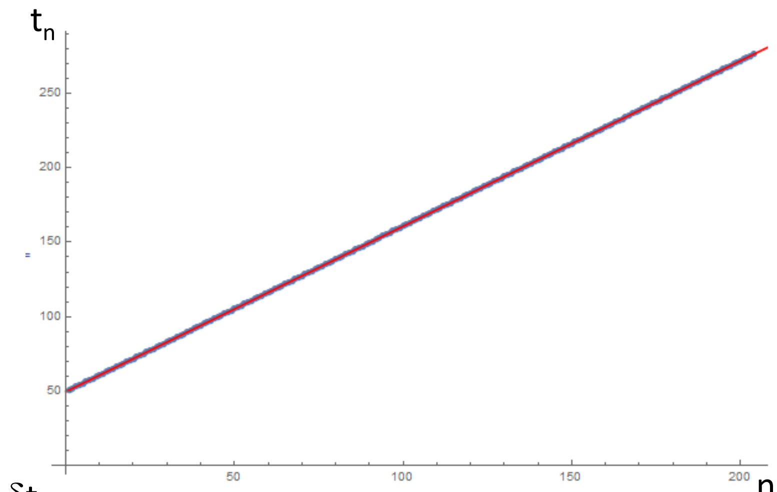


$$f_{fit.} = 0.450 \pm 0.001\,\mathrm{Hz}$$

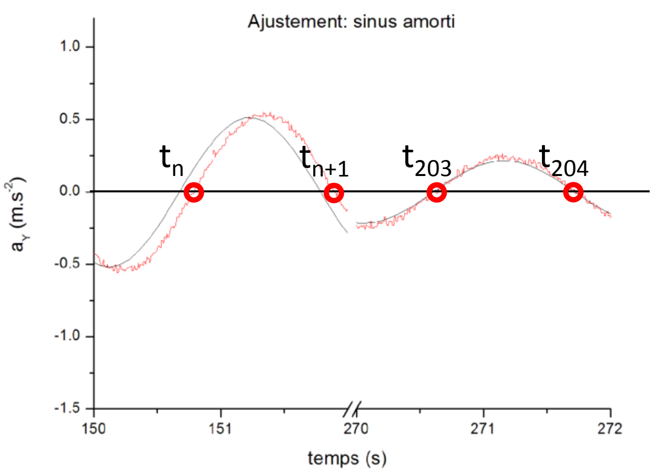
Fréquence ?



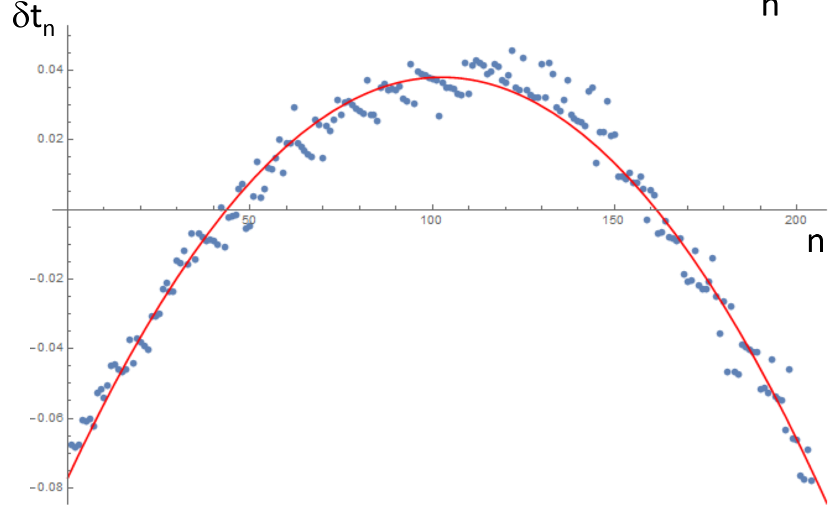
Ajustement: sinus amorti
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
a_Y (m.s^{-2})
t_1
t_2
t_n
t_{n+1}
50
51
52
150
151
152
temps (s)



t_n
250
200
150
100
50
50
100
150
200
n

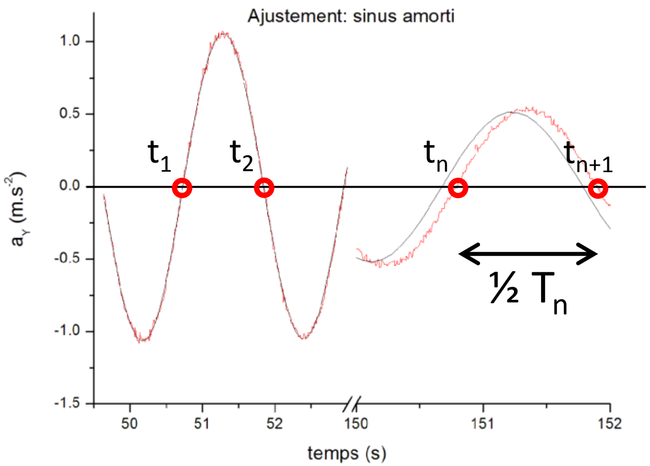


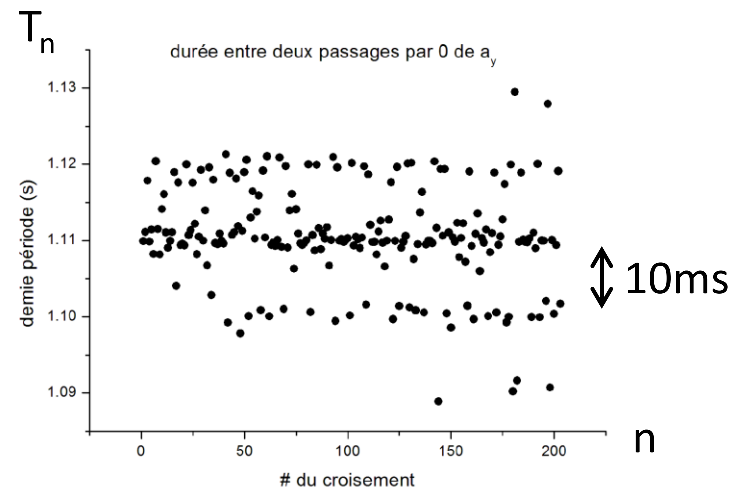
Ajustement: sinus amorti
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
a_Y (m.s^{-2})
t_n
t_{n+1}
t_{203}
t_{204}
150
151
270
271
272
temps (s)

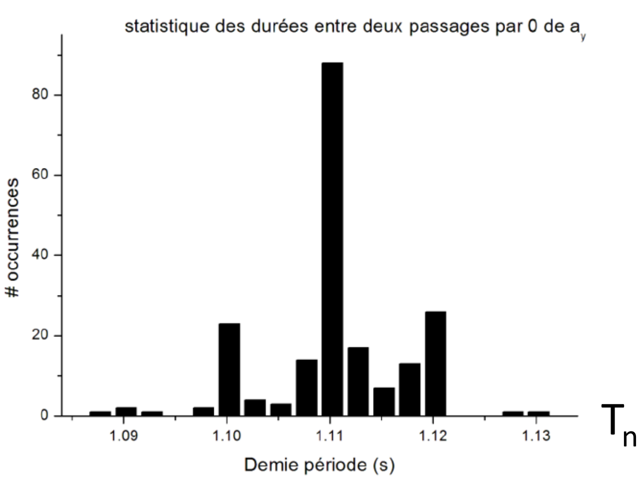


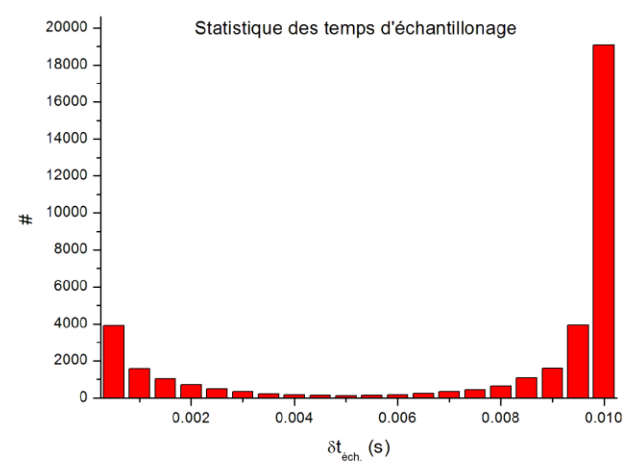
δt_n
0.04
0.02
−0.02
−0.04
−0.06
−0.08
50
100
150
200
n

Passages par 0









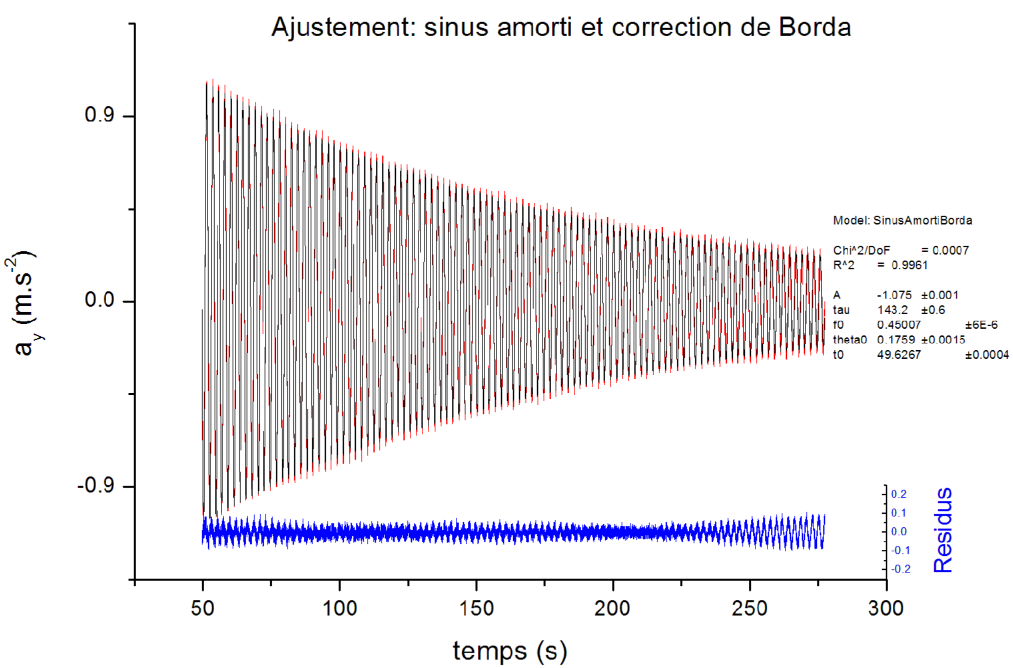
$t_{\text{éch. typ.}} \sim 10\text{ms}$

Formule de Borda

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L}\sin\theta = 0 \longrightarrow \ddot{\theta} + \frac{g}{L}\theta = 0$$ harmonique $$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$\longrightarrow \ddot{\theta} + \frac{g}{L}\left(\theta - \frac{\theta^3}{6}\right) = 0$$ Duffing $$f = f_0\left(1 - \frac{\theta_0^2}{16}\right)$$

Amortissement: $$\theta_0 \longrightarrow \theta_0\,\exp(-t/\tau) \longrightarrow f = f_0\left(1 - \frac{\theta_0^2\,\exp(-2t/\tau)}{16}\right)$$



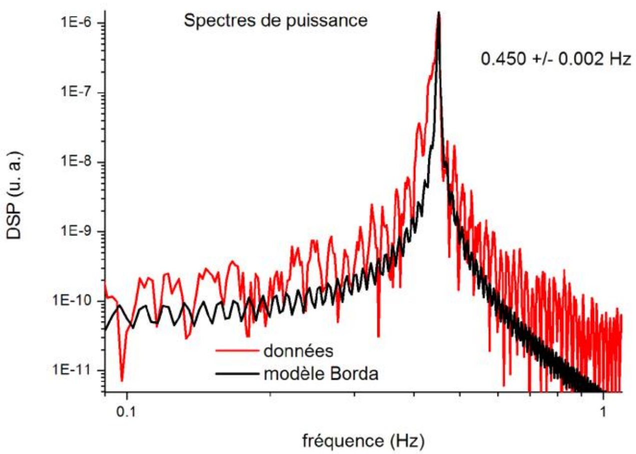
$$\chi^2 : 0.0077 \rightarrow 0.0007$$

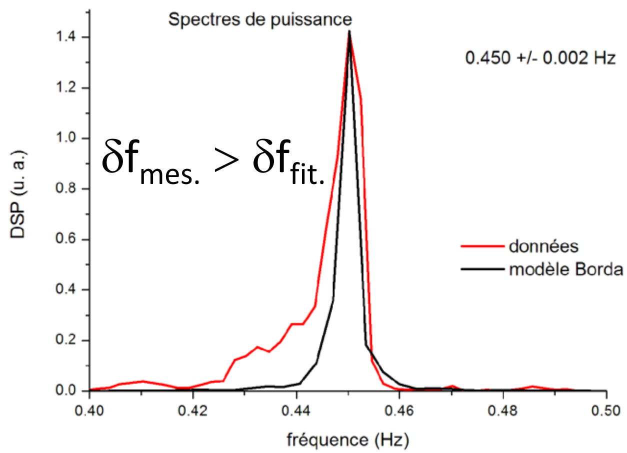
$$R^2 : 0.96 \rightarrow 0.996$$

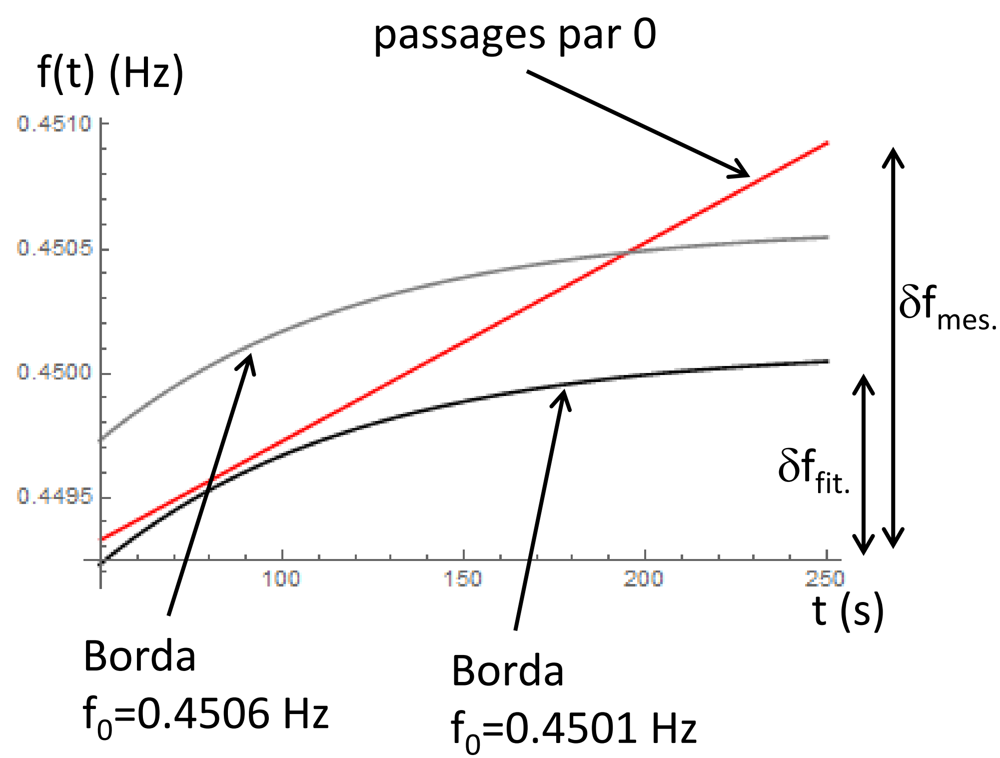
$$\tau = 143\,\mathrm{s}$$

$$Q = \omega_0\tau \approx 400$$

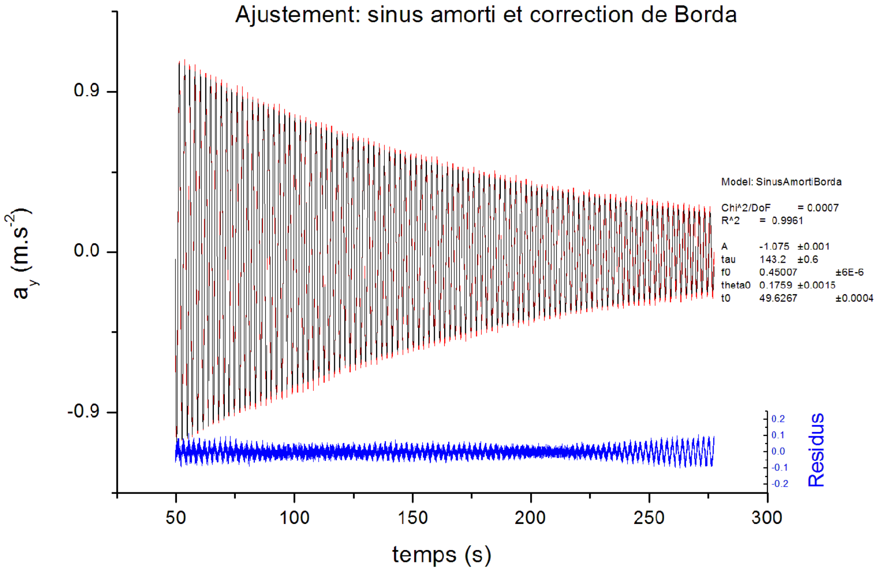
Analyse spectrale







Gros problème...



$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L}\theta = 0$$

$$(a_y)_{max} = L\ddot{\theta}_{max} = g\theta_0$$

$$(a_y)_{max}^{mes.} = 1.075 \pm 0.001\,\mathrm{m.s}^{-2}$$

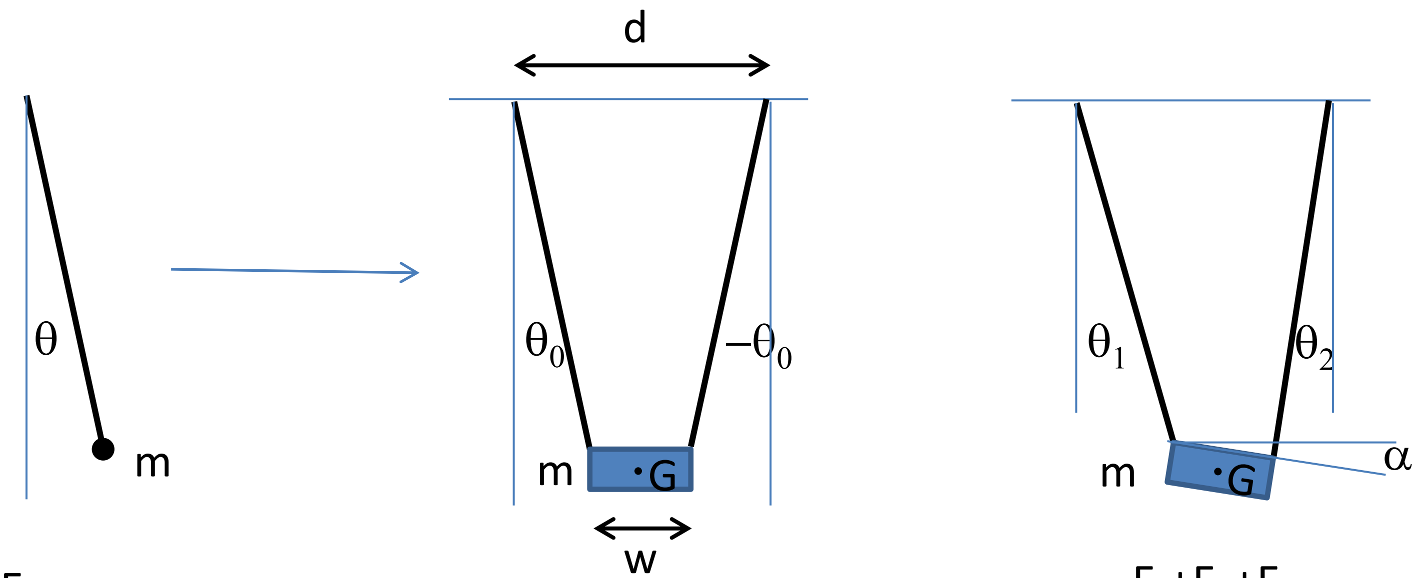
$$(a_y)_{max}^{att.} = 9.8 \times 0.1759 = 1.732\,\mathrm{m.s}^{-2}$$

$$f_{mes.} = 0.450 \pm 0.002\,\mathrm{Hz}$$

$$f_{att.} = 0.434 \pm 0.0007\,\mathrm{Hz}$$

?

Amélioration du modèle



E_c+E_p

$E_c+E_p+E_{rot.}$

$$f_{mod.} = 0.436 \pm 0.001\,\mathrm{Hz}$$
$$f_{att.} = 0.434 \pm 0.001\,\mathrm{Hz}$$

$$(a_y)_{max}^{mes.} = 1.075 \pm 0.001\,\mathrm{m.s}^{-2}$$
$$(a_y)_{max}^{mod.} = 1.705 \pm 0.001\,\mathrm{m.s}^{-2}$$

Montrer programme Mathematica: corrections marginales
la rotation donne une contribution négligeable car ici d est proche de w

Plan

1) Présentation de Phyphox

2) Un classique: le pendule

3) Moins classique: 2 SM dans un pendule

4) Analyse du bruit

Deuxième manip

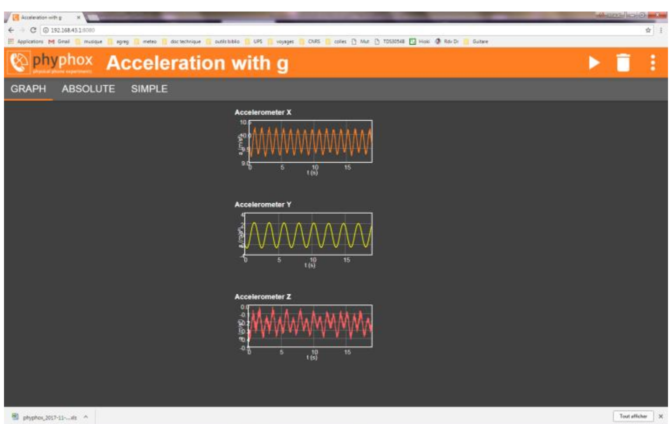
- Smartphone « Huawei » + « Wiko »

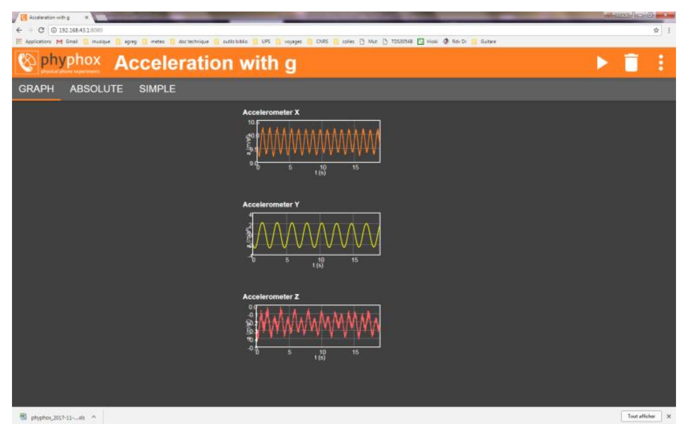
- Enregistrements simultanés

- Pas de synchronisation

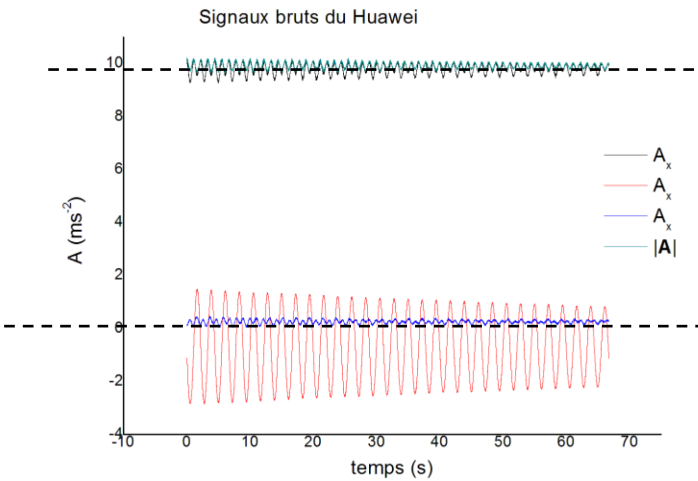
Protocole de connexion

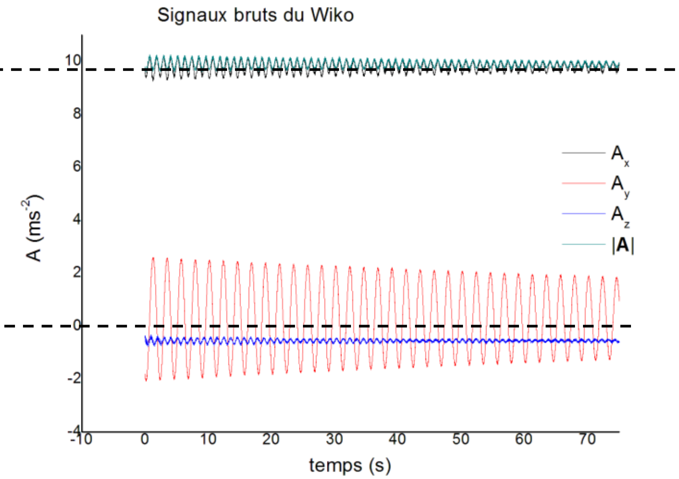
1. Connecter le second smartphone sur le point d'accès du premier avec le mot de passe: 59d78ece
2. Lancer l'application Phyphox, choisir le programme « Acceleration with g » et ouvrir le menu en haut à droite (… verticaux)
3. Cocher « allow remote access »: une adresse s'affiche: http://192.168.43.20:8080
4. Copier l'adresse dans un second onglet du navigateur de l'ordinateur (2 fenêtres serait mieux…)

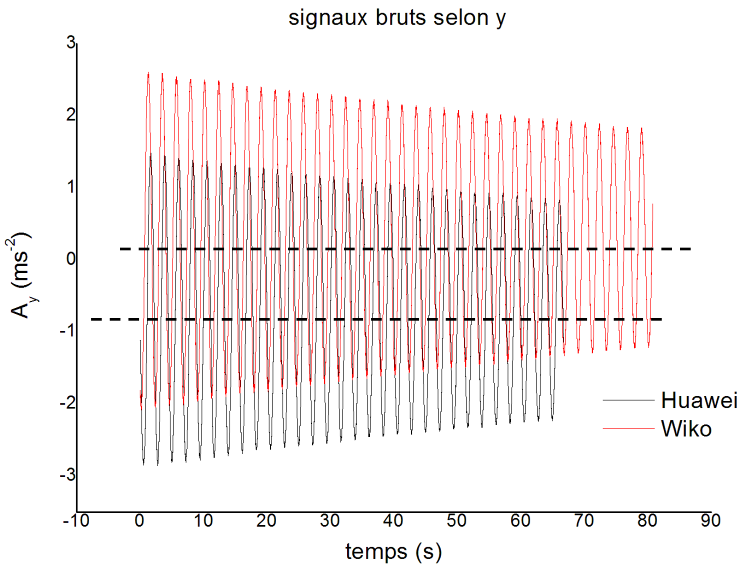




Données brutes

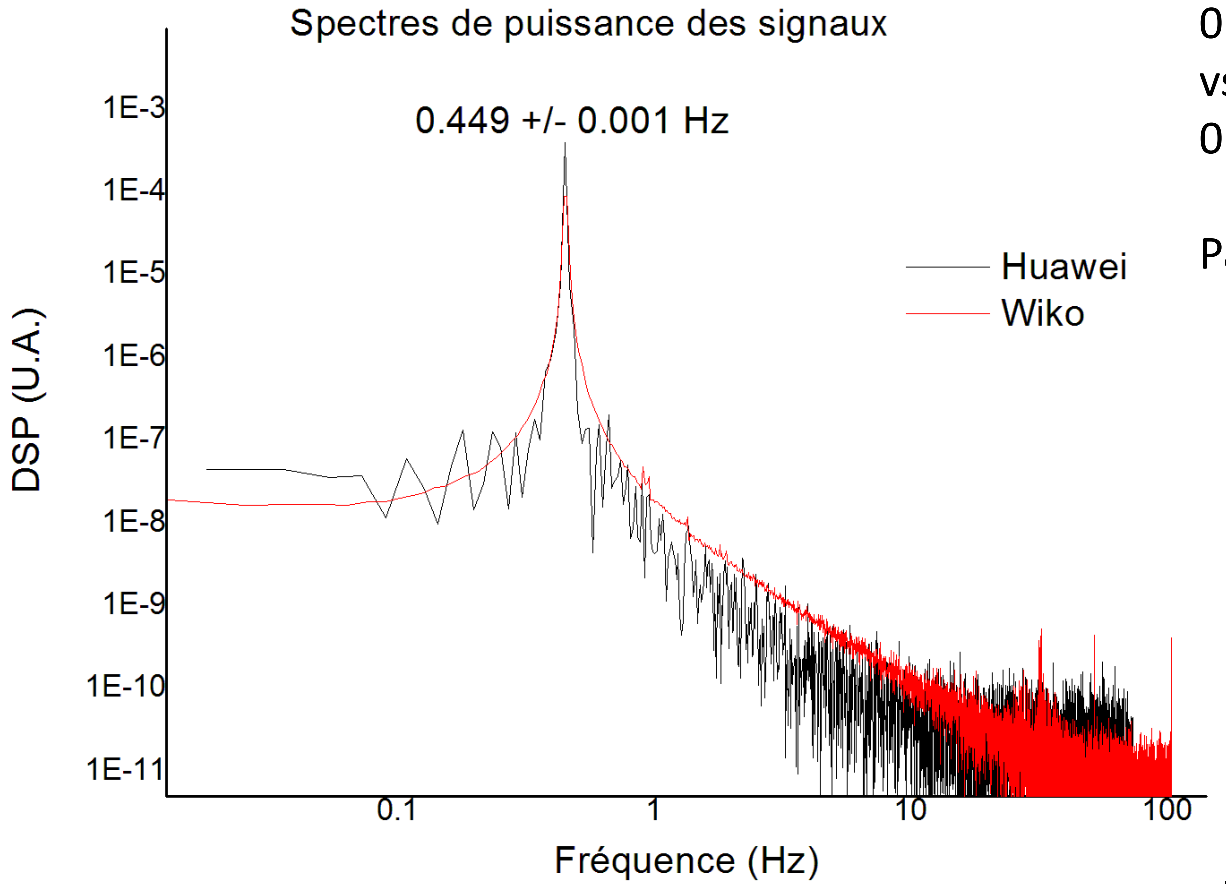






Huawei!!!

Spectres



0.449 +/- 0.001 Hz
vs
0.450 +/- 0.001 Hz

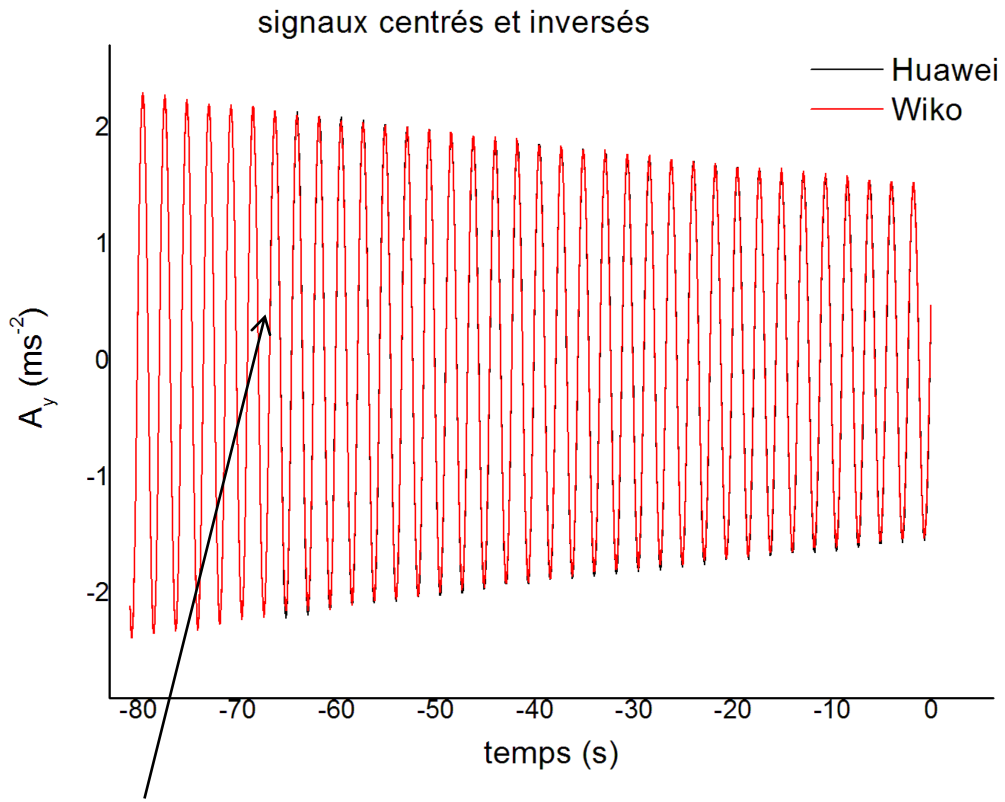
Pas de différence significative

$$f_{att.} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$$

Indep. de $M=m_1+m_2$

=> pas de déplacement de G

Centrage et synchronisation



départ Huawei

Choix:
- des t_0
- des y_0

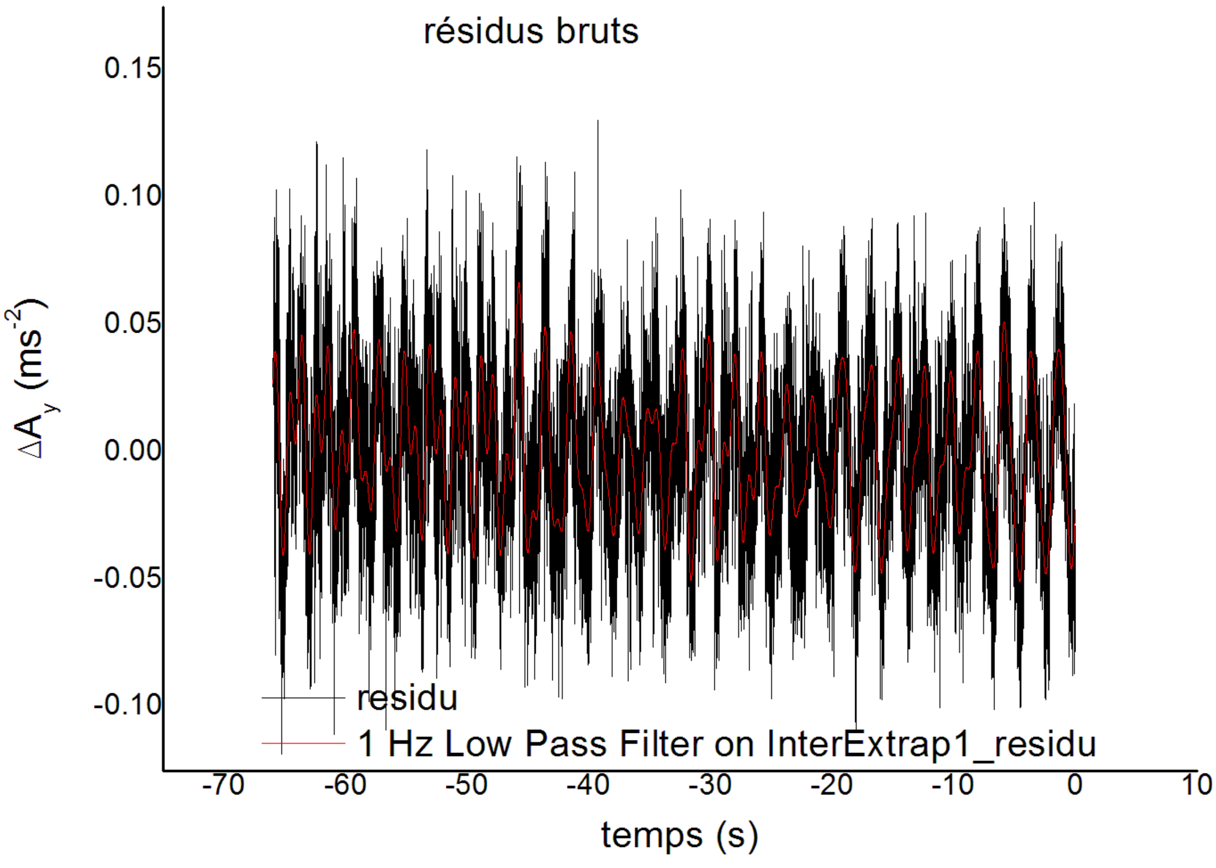
\+ inversion

Identiques?

Comparaison?

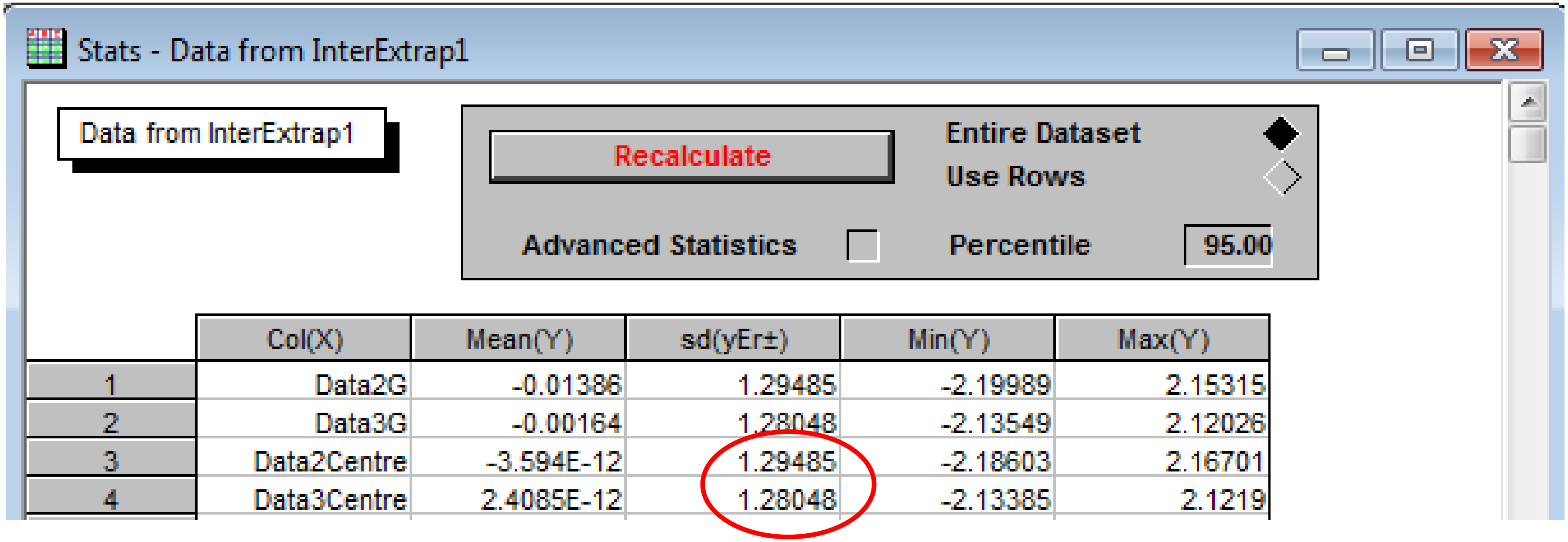
difficile car chaque smartphone a ses propres paramètres: t_0, $f_{éch.}$ …

→ Interpolation de t=-66 à 0s pas de 0.01s



- qq%
- Forte composante à f_0…

Origine?



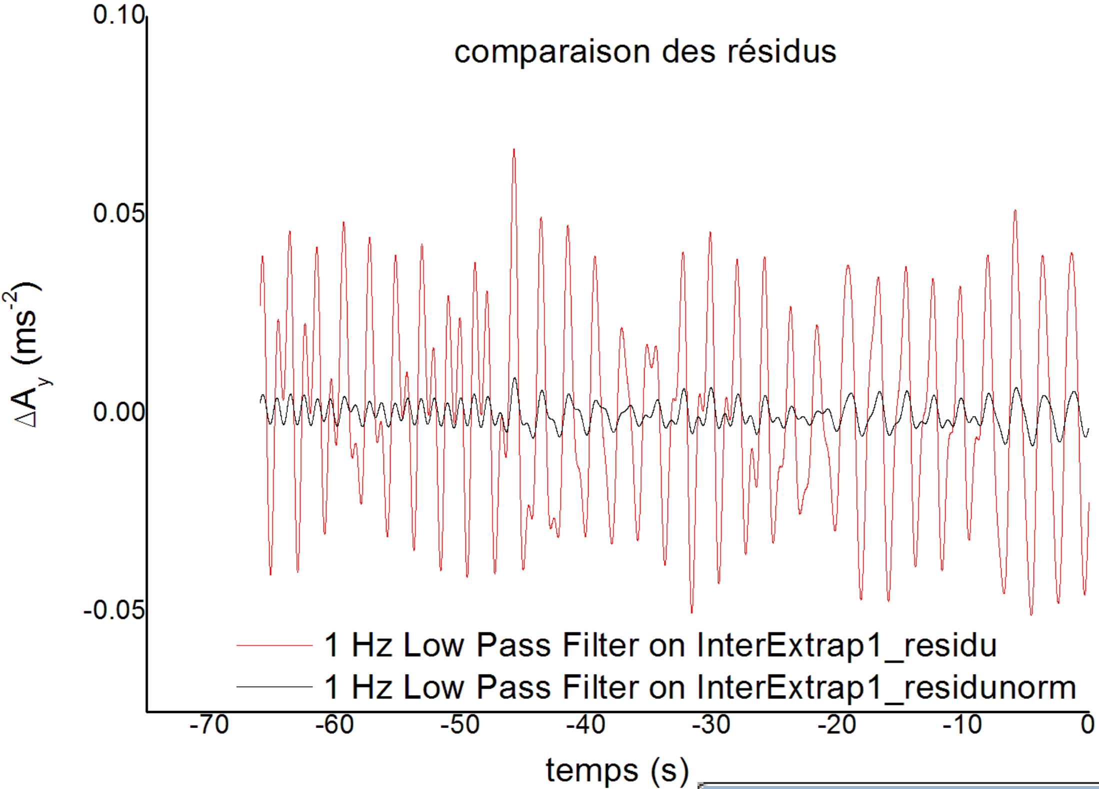
	Col(X)	Mean(Y)	sd(yEr±)	Min(Y)	Max(Y)
1	Data2G	-0.01386	1.29485	-2.19989	2.15315
2	Data3G	-0.00164	1.28048	-2.13549	2.12026
3	Data2Centre	-3.594E-12	1.29485	-2.18603	2.16701
4	Data3Centre	2.4085E-12	1.28048	-2.13385	2.1219

étalonnage différent > à 1%

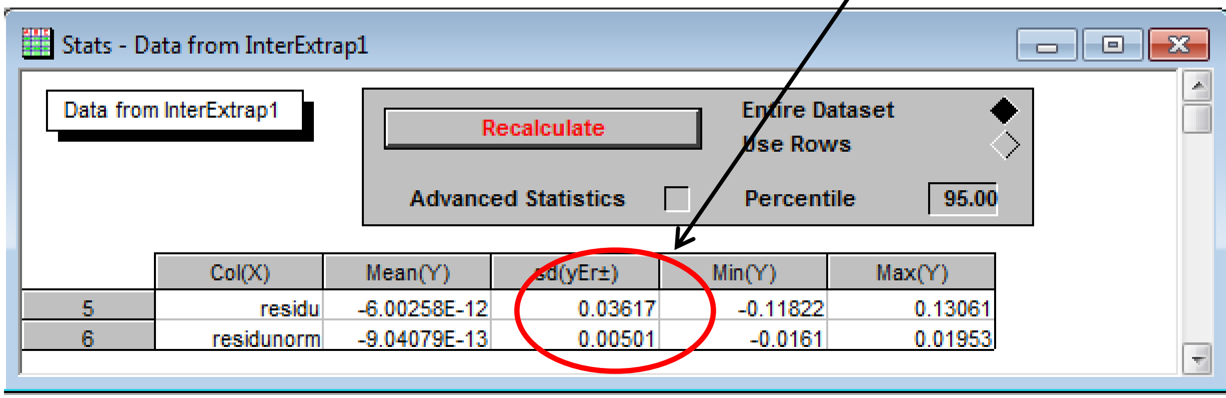
normalisation:

$$res_{norm.} = \left(\frac{(a_y)_2}{1.29485} - \frac{(a_y)_3}{1.28048} \right) \times \left(\frac{1.29485 + 1.28048}{2} \right)$$

Progrès



résidu divisé par 7 !



Amélioration?

Synchronisation: $\cos(\omega t) - \cos(\omega t - \phi) = 2\sin(\phi/2)\sin(\omega t + \phi/2)$

Plan

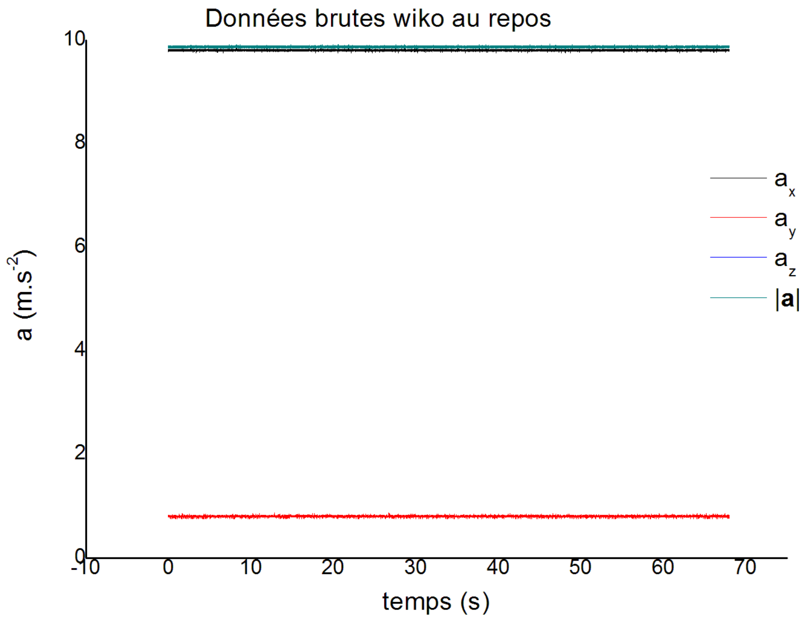
1) Présentation de Phyphox

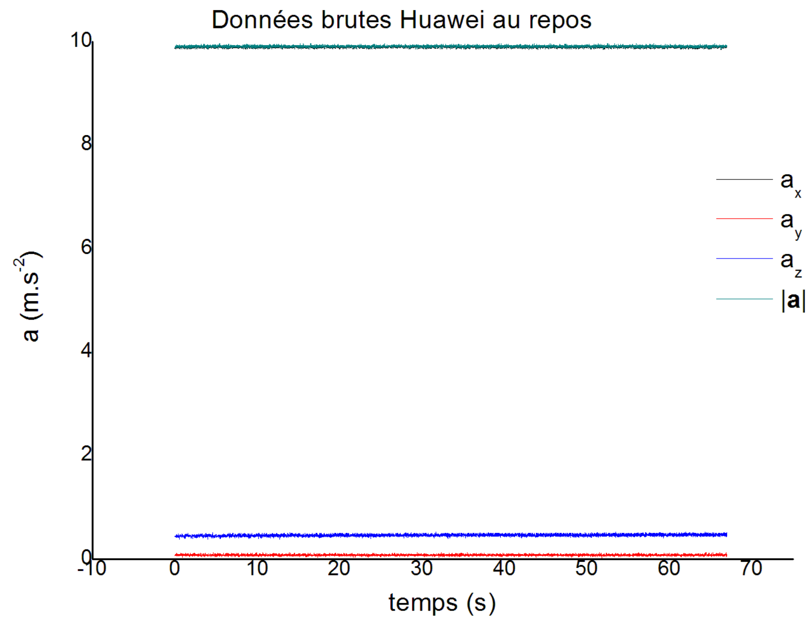
2) Un classique: le pendule

3) Moins classique: 2 SM dans un pendule

4) Analyse du bruit

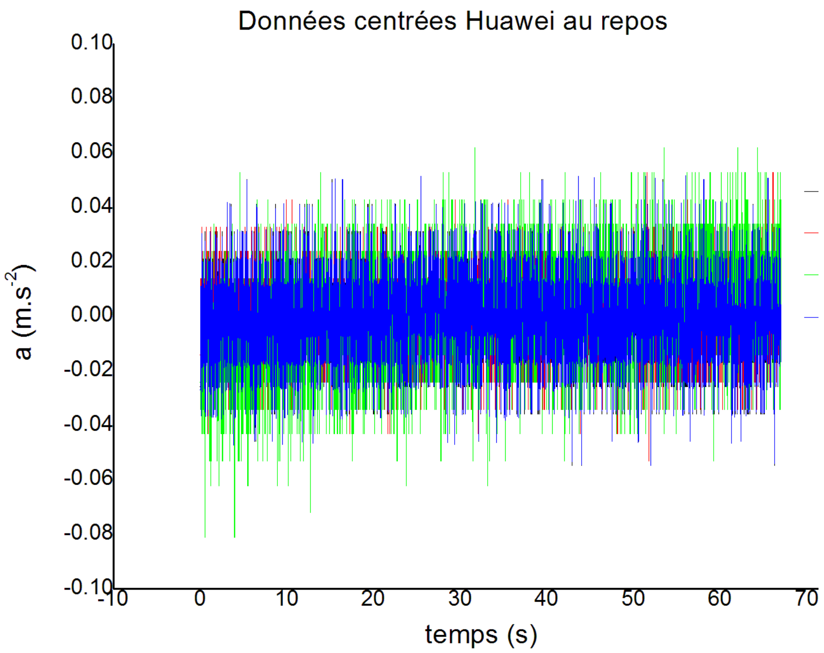
Comparaison des 2 smartphones

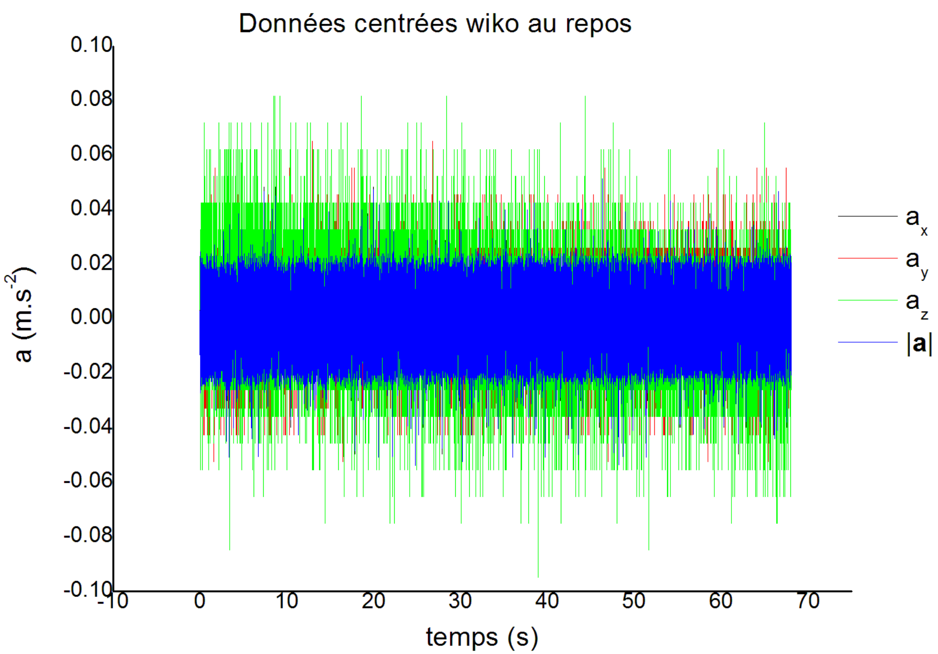




→ Analyse du bruit

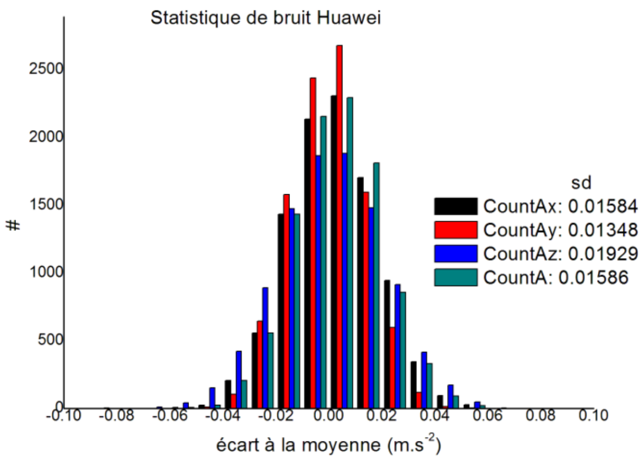
Bruit

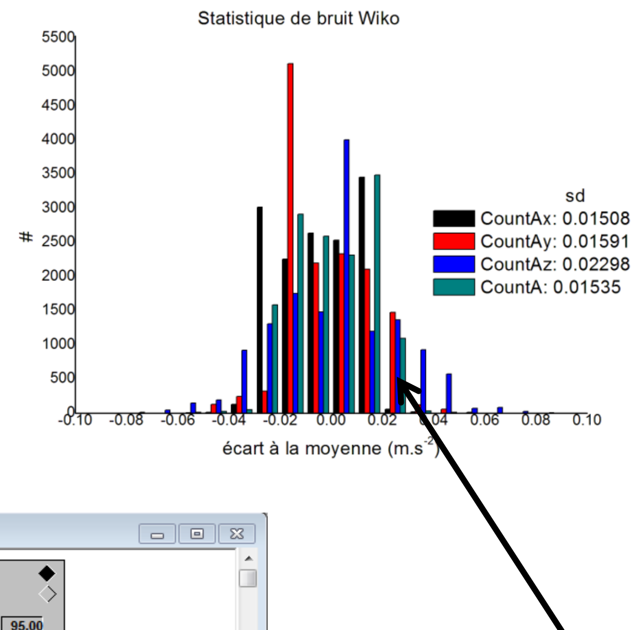




Wiko plus rapide, plus bruité…

Statistiques





Pas très gaussien…

Data1 - Data from HuaweiBrut

Data from HuaweiBrut — Recalculate — Entire Dataset — Use Rows — Advanced Statistics — Percentile 95.00

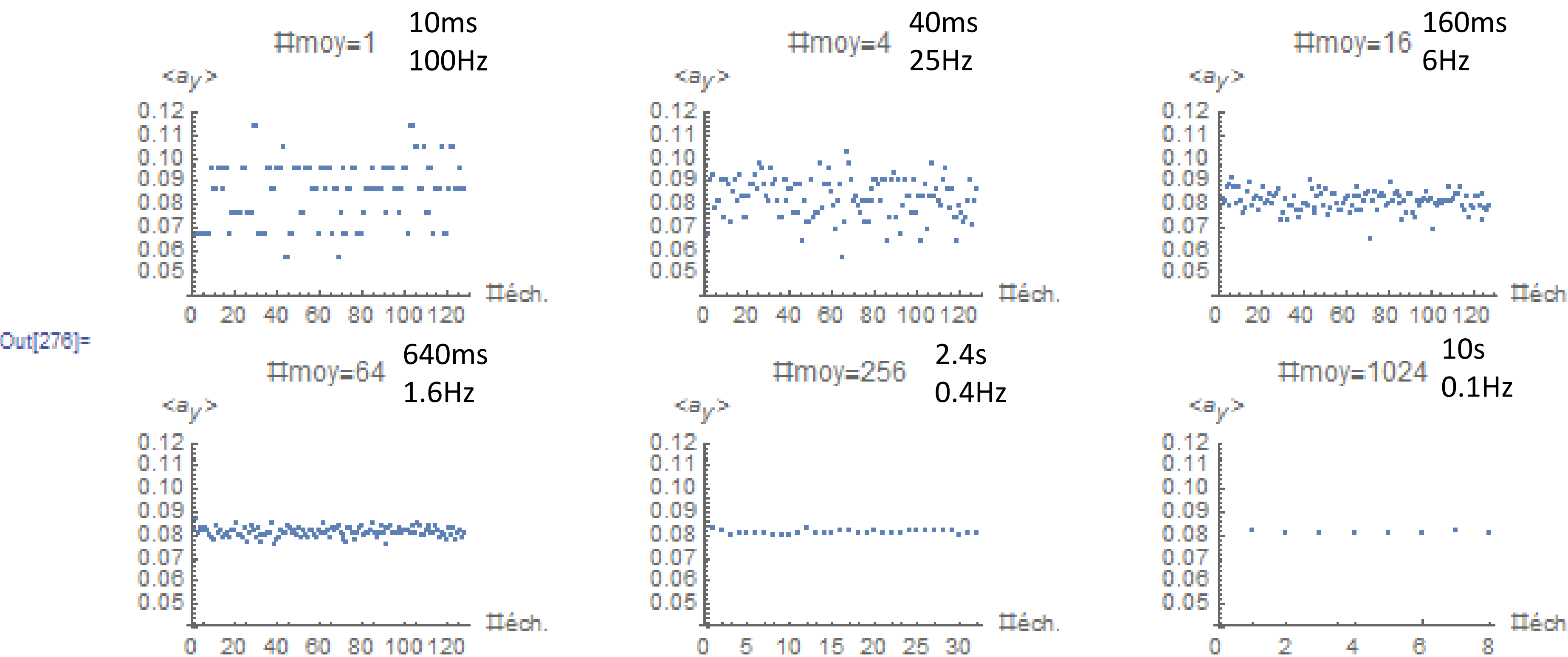
	Col(X)	Rows(Y)	Mean(Y)	sd(yEr±)	Min(Y)	Max(Y)
1	ax	[1:9795]	9.89981	0.01584	9.845	9.95
2	ay	[1:9795]	0.08111	0.01348	0.028	0.134
3	az	[1:9795]	0.46409	0.01929	0.383	0.526
4	a	[1:9795]	9.91105	0.01586	9.85639	9.96274

Data3 - Data from WikoBrut

Data from WikoBrut — Recalculate — Entire Dataset — Use Rows — Advanced Statistics — Percentile 95.00

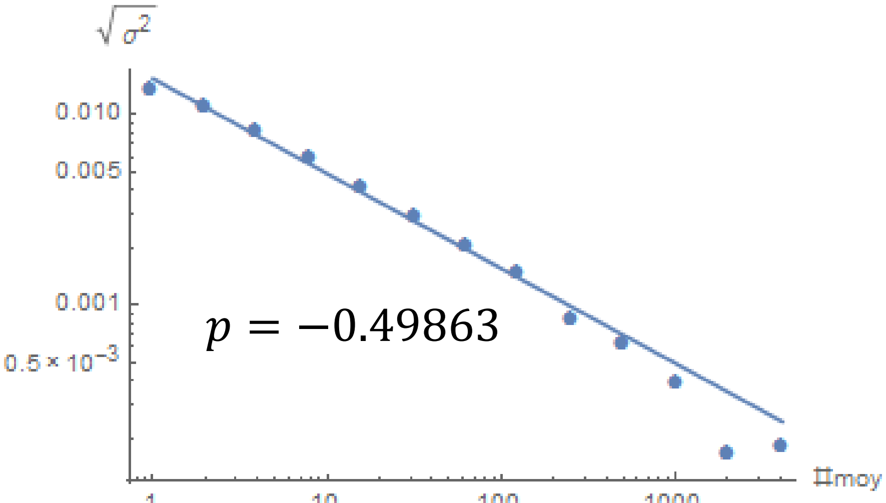
	Col(X)	Rows(Y)	Mean(Y)	sd(yEr±)	Min(Y)	Max(Y)
1	ax	[1:14146]	9.8073	0.01508	9.75762	9.85568
2	ay	[1:14146]	0.80748	0.01591	0.75511	0.87279
3	az	[1:14146]	-0.78787	0.02298	-0.8826	-0.70608
4	a	[1:14146]	9.87201	0.01535	9.81822	9.92354

Variance/déviation d'Allan (I)



D'un graphe à l'autre on regroupe les points par 4 dont on fait la moyenne

Variance/déviation d'Allan (II)

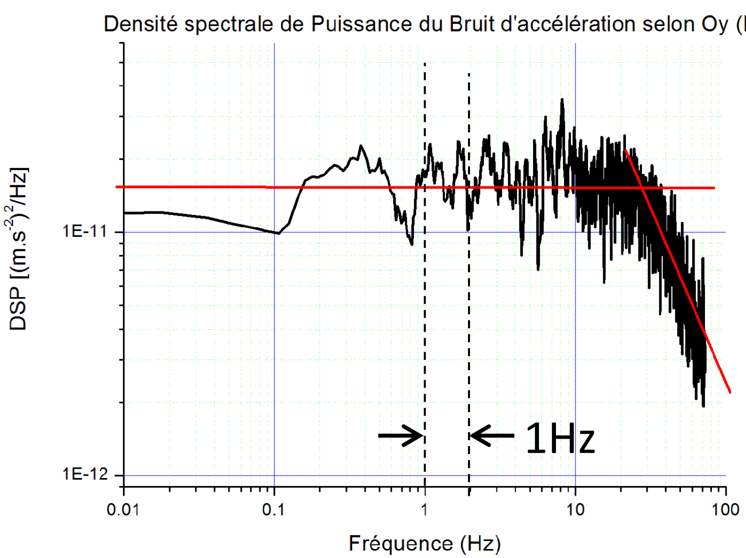


$T_{moy.}$=0.01s
BP=100Hz

$T_{moy.}$= 60s
BP=0.017Hz

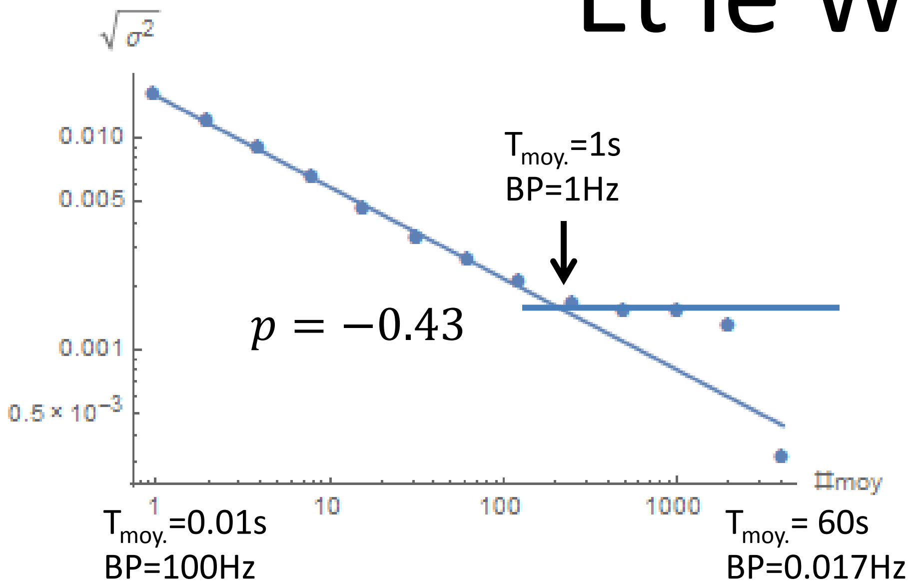
Bruit blanc stationnaire
0.01s < $T_{moy.}$ < 60s

$$\sqrt{\sigma^2} = \frac{1.5\times10^{-3}}{\sqrt{T_{moy.}}}\,\mathrm{m.s^{-2}}.\sqrt{\mathrm{s}}$$

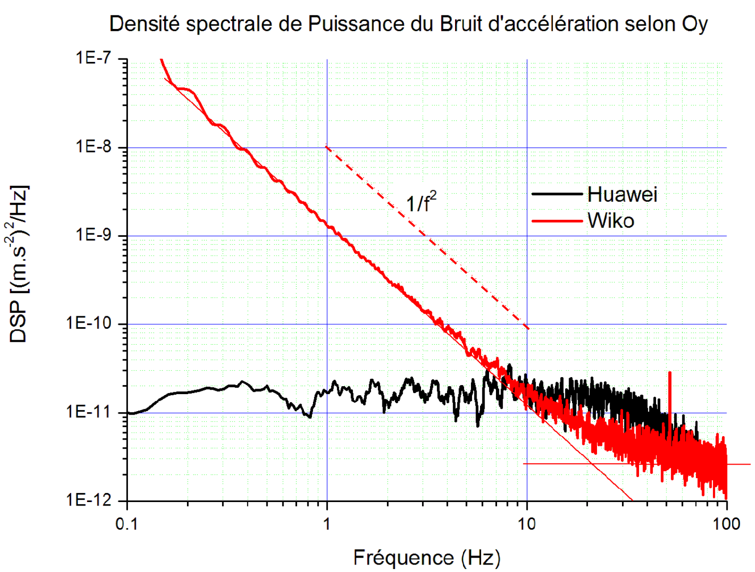


$$\sqrt{DSP} = 1.5\times10^{-3}\,\mathrm{m.s^{-2}}/\sqrt{\mathrm{Hz}}$$

Et le Wiko?



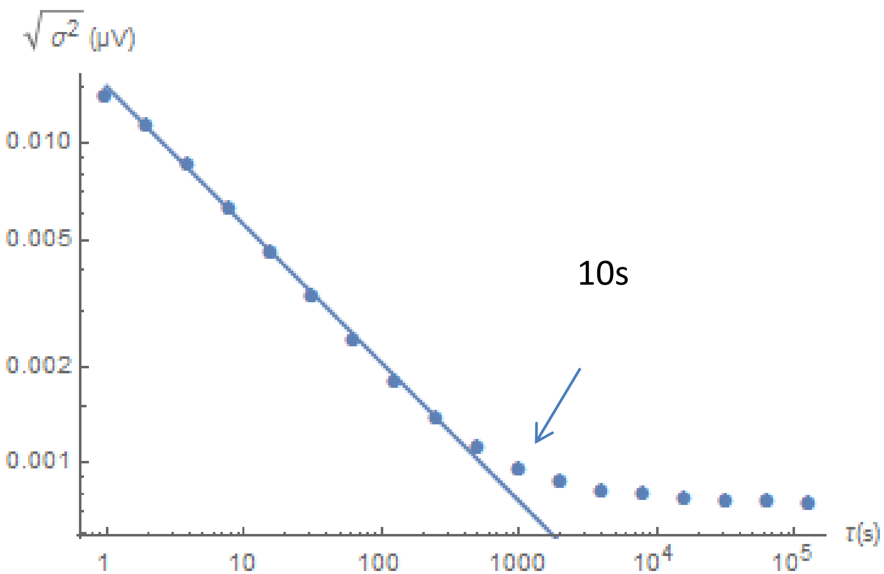
Palier vers 1s



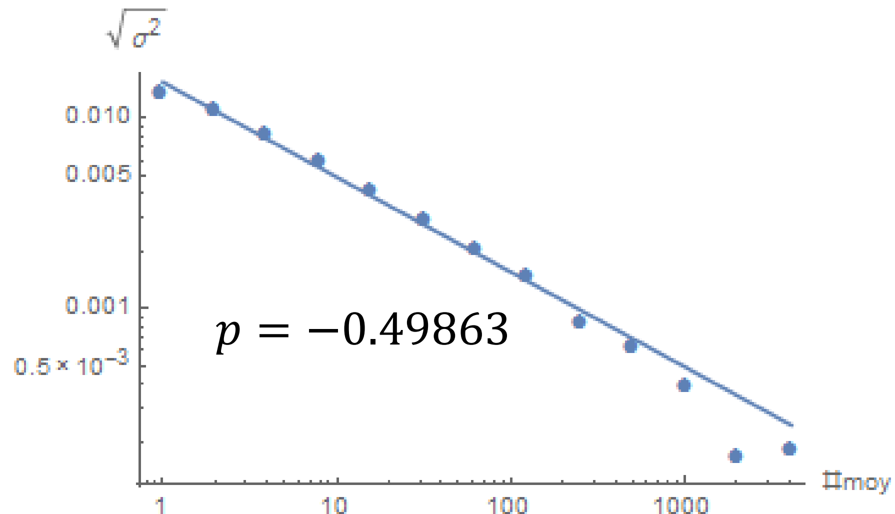
1/f: bruit extrêmement non gaussien!
→ bruit rose, en excès, de scintillation
→ *flicker noise*

Amélioration

Programme simplifié MyAy => acquisition sur 50 minutes, 450kéchantillons

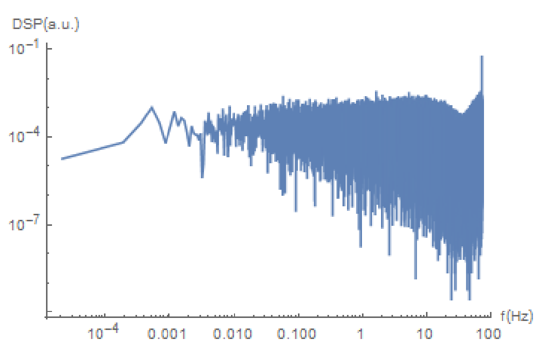


$T_{moy.}$= 60s
BP=0.017Hz



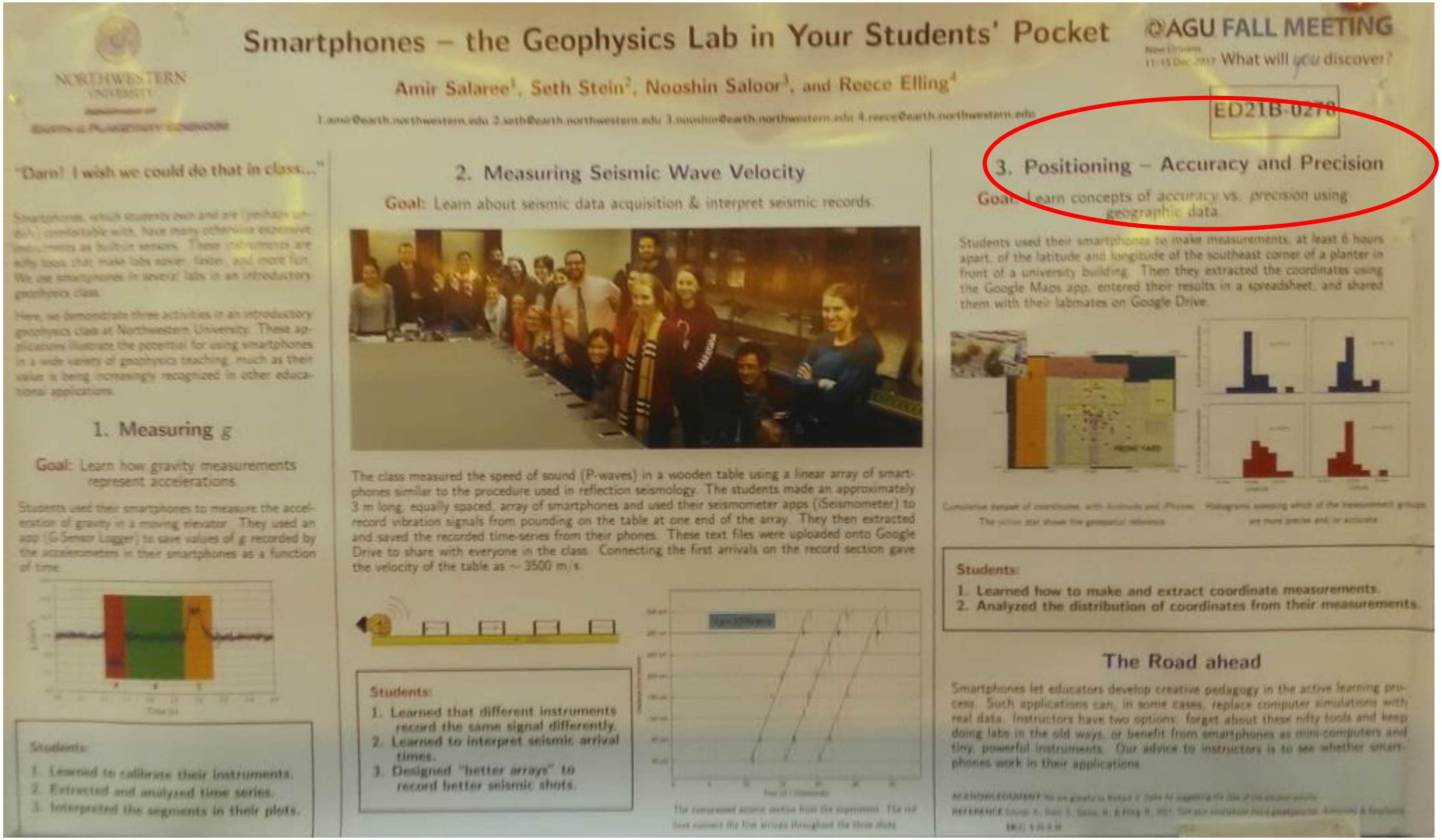
$T_{moy.}$=0.01s
BP=100Hz

$T_{moy.}$= 60s
BP=0.017Hz



Pas totalement clair….

On n’est pas les seuls…



À faire

- Écrire un article: BUP, AMJPhys?
- Se documenter sur le bruit: DSP, Allan…
- Améliorer la prise de données: bande passante, capteur 1D, compression des données, moyenne…