

# Atelier Faire des sciences avec son smartphone

Ulysse DELABRE

11/07/2019



Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine

université  
de **BORDEAUX**

# Les smartphones : un concentré de capteurs

## Hidden Innovation in the GALAXY S4

GALAXY S4 gets you closer to what matters in life, bringing your world together

### Optique

#### RGB Light Sensor

Measures the red, green, blue, and white intensity of the light source  
- Samsung Adapt Display

#### Gesture Sensor

Recognizes the user's hand movements using infrared rays  
- Air Gesture

#### Proximity Sensor

Recognizes whether the mobile phone is located near the user by using infrared rays  
- Direct Call

#### Gyro Sensor

Detects the mobile phone rotation state based on three axes  
- Smart Rotation

### Mécanique

#### Accelerometer

Detects the mobile phone movement state based on three axes  
- S Health : Walking Mate

#### Geomagnetic Sensor

Detects magnetic field intensity based on three axes  
- Digital Compass MAP

### Magnétique

#### Temperature/Humidity Sensor

Checks temperature and humidity levels

#### Barometer

Identifies the atmospheric pressure at the user's current location  
- S Health: Walking Mate

### Thermodynamique

#### Hall Sensor

Recognizes whether the cover is open or closed  
- S View Cover

### Magnétique

Plusieurs capteurs sont utilisés pour **détecter vos mouvements**, pour **économiser** la batterie, pour **jouer ....**

« *Galaxy S4 gets you closer to what matters in life, bringing your world together !* »

*Galaxy S4 gets you closer to the SCIENCE LAB !*

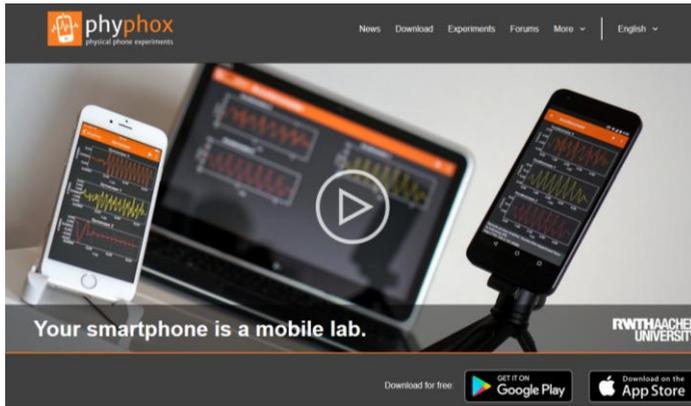
*Le Galaxy S4 devient votre laboratoire !*



**Comment détourner ces capteurs  
pour réaliser des expériences  
scientifiques ?**

# Quelques applications : à installer tout de suite

## → Phyphox (Physical Phone Experiment)



## → Physics Toolbox Suite

Autre application intéressante  
Sensor Kinetics



Physics Toolbox Sensor Suite

Vieyra Software Tools

★★★★★ 7,703

PEGI 3

Add to Wishlist

Install



# Des accéléromètres très précis !

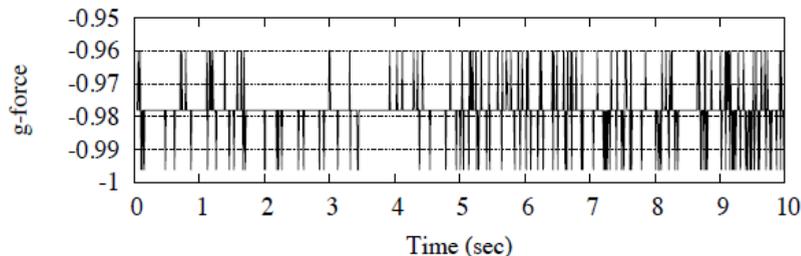
## (sp)iPhone: Decoding Vibrations From Nearby Keyboards Using Mobile Phone Accelerometers

Philip Marquardt\*  
MIT Lincoln Laboratory  
244 Wood Street, Lexington, MA USA  
philip.marquardt@ll.mit.edu

Arunabh Verma, Henry Carter and  
Patrick Traynor  
Converging Infrastructure Security (CISEC)  
Laboratory  
Georgia Tech Information Security Center  
(GTISC)  
Georgia Institute of Technology  
{arunabh.verma@, carterh@,  
traynor@cc.}gatech.edu



Figure 1: Our experimental placement of a mobile phone running a malicious application attempting to recover text entered using the nearby keyboard.





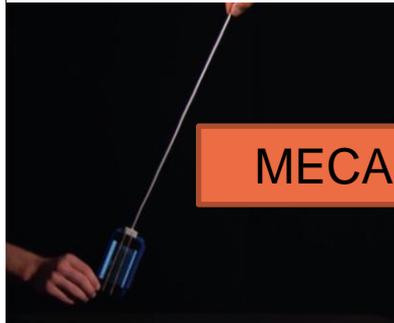
Mesure de tension de surface



Etude de la loi de Malus

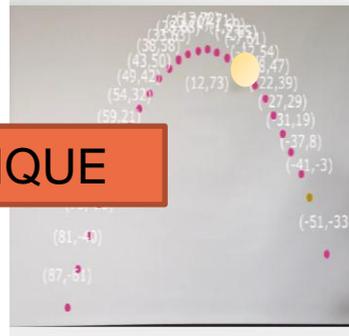


Réalisation d'un spectromètre

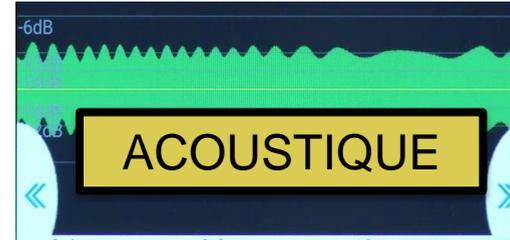


**MECANIQUE**

Etude du pendule



Etude de trajectoire



Mesurer la vitesse du son



Phénomène de résonance



Phénomène de battement

**OPTIQUE**

Transformer son smartphone en microscope

# Programme de l'atelier

1. Introduction
2. Découverte des applications
3. Expériences



Organisation par groupe de 3-4

# Des ressources

- [Smartphonique.fr](http://Smartphonique.fr) : Protocoles , vidéos, ressources
- Vidéos et exercices  
MOOC Physique des Objets du Quotidien & Canal U
- Article : Iphysics Lab columns dans Physics teacher
- Conférence ESPGG : Vidéo 1H30
- Opentp.fr : Fiches smartphone à venir



**MOOC Smartphone et Mécanique** : J. Chevrier (Grenoble)

**Smartphone au lycée** (IFE , Lyon, Philippe JeanJacquot)

**Des TP smartphones à l'Université** ,BUP 2018



# A bordeaux : 5 TPs smartphones + 1 TP extension

→ (TP Le Pendule)

→ TP Résonance d'une corde

→ TP Effet Doppler

→ TP Eclairement

→ TP Microscope

→ TP Absorption

Analyse dimensionnelle  
Représentation graphique

Lien avec l'astrophysique  
et la détection d'exoplanète

Lien avec l'optique, les instruments

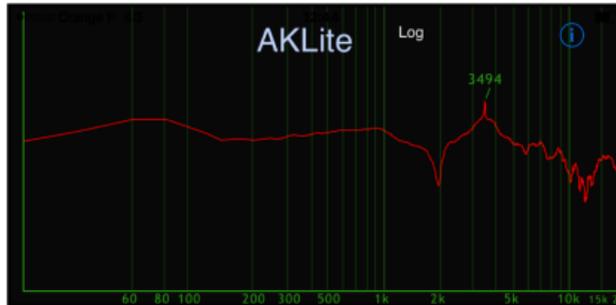
Lien avec la désintégration  
des muons

+ 1 TP extension (transit d'exoplanète, microscopie avancée, analyse d'un salto,

# TP Effet Doppler



Figure 3 : capture d'écran lors de la réception sur AKLite



Vitesse de l'émetteur lorsqu'il se rapproche du récepteur en fonction du décalage doppler divisé par la fréquence reçue

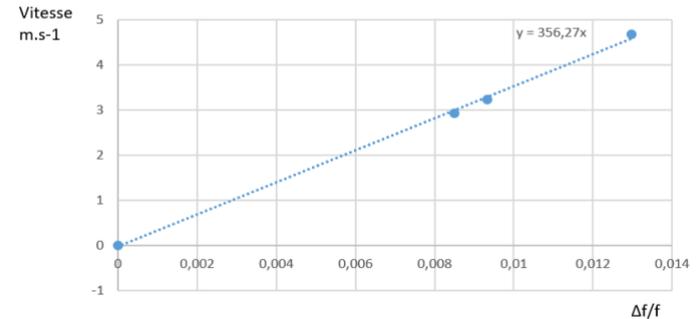


Figure 2 : capture d'écran lors de l'émission d'un son à  $f=3500$  Hz sur l'application « physics toolbox ».

# Expériences

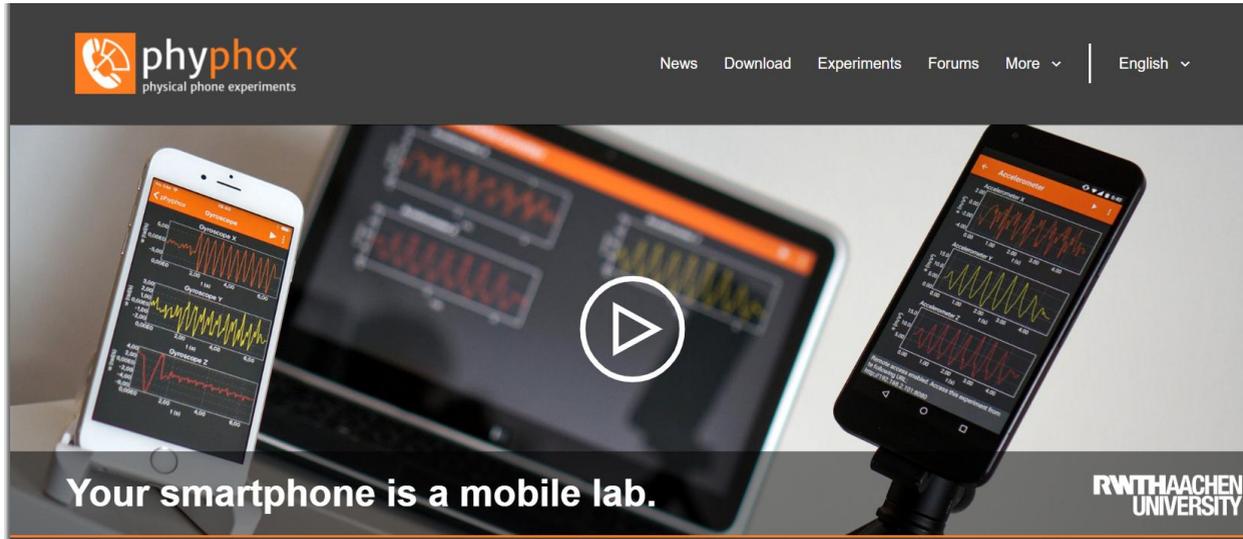
- Exp 0 : Prise en main
- Exp 1 : Estimer la masse de la Terre avec la chute libre d'un smartphone
- Exp 2 : Expérience du pendule avec un smartphone

# Expériences

- Exp 3 : Conservation de l'énergie mécanique
- Exp 4 : Observer et mesurer des pixels avec son smartphone
- Exp 5 : Mesurer la vitesse du son par effet Doppler
- Exp 6 : Tester la loi de Malus
- Exp 7 : Mesurer la vitesse du son (Phyphox)
- Exp 8 : Variation du champ magnétique d'un aimant
- Exp 9 : Tester la caméra infrarouge
- Exp 10 : Analyse de l'éclairement en fonction de  $r$

# Installation des applications

# Phyphox, Physics ToolBox Suite, Sensor Kinetics



The image shows the top section of the Phyphox website. At the top left is the logo, which consists of an orange square with a white stylized 'P' and the text 'phyphox' in a bold, lowercase font, with 'physical phone experiments' in a smaller font below it. To the right of the logo is a navigation menu with links for 'News', 'Download', 'Experiments', 'Forums', 'More', and 'English'. Below the navigation menu is a large video thumbnail. The thumbnail features a white play button icon in the center. The background of the thumbnail shows three devices: a white smartphone on the left displaying a 'Dynamometer' app with three graphs, a tablet in the middle displaying a similar interface, and a black smartphone on the right displaying an 'Accelerometer' app with three graphs. At the bottom of the thumbnail, the text 'Your smartphone is a mobile lab.' is written in white, and the 'RWTH AACHEN UNIVERSITY' logo is in the bottom right corner.

phyphox  
physical phone experiments

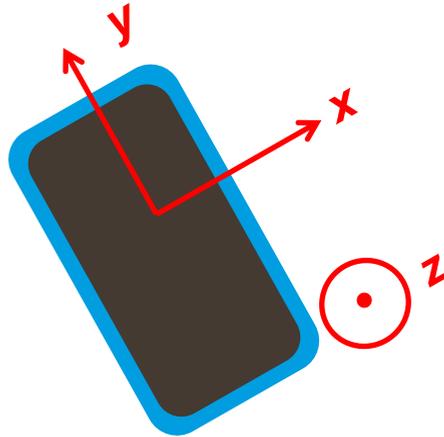
News Download Experiments Forums More English

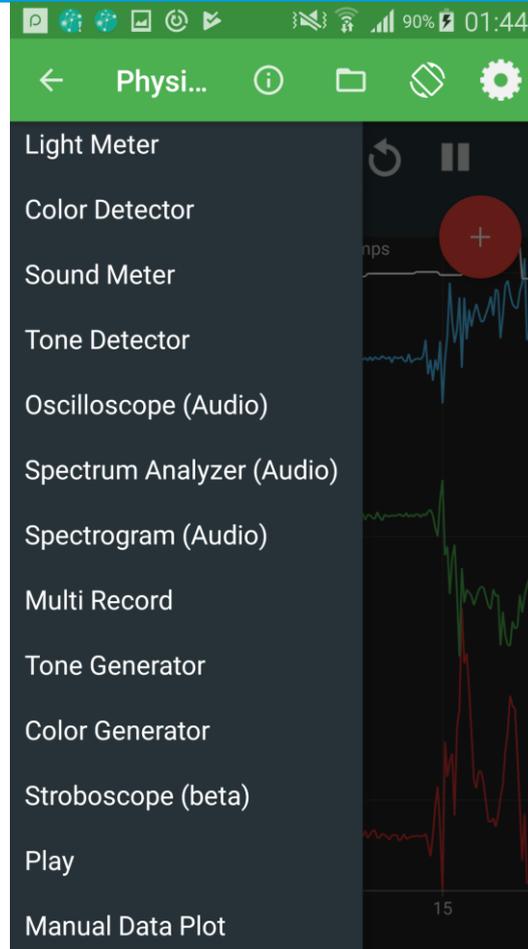
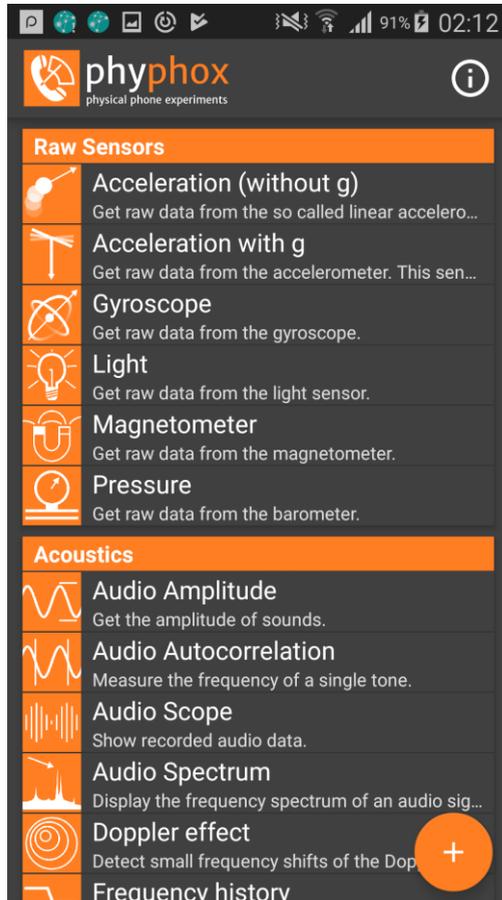
Your smartphone is a mobile lab.

RWTH AACHEN  
UNIVERSITY

Version française sortie en Juin 2019 !

# Les axes d'un smartphone





# Exp 0 : Mesurer un angle avec un smartphone

## Protocole

1- En utilisant l'accéléromètre, mesurer un angle d'inclinaison du smartphone

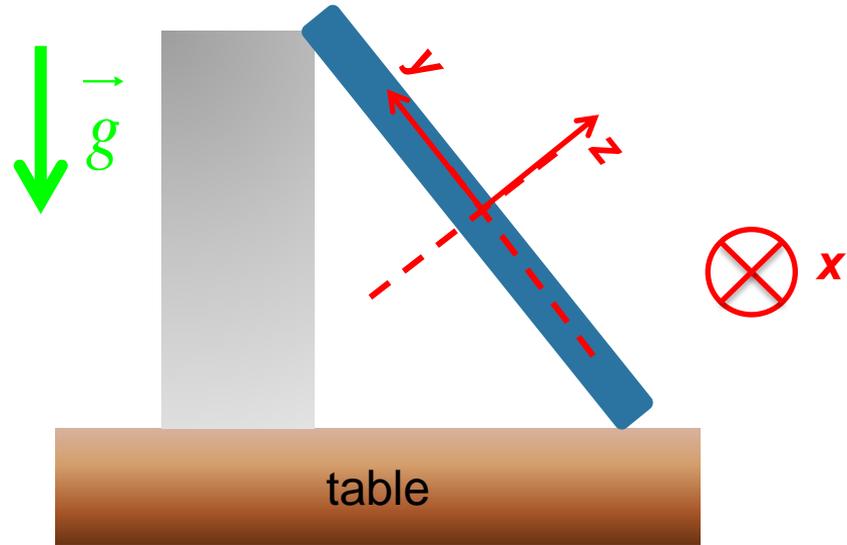
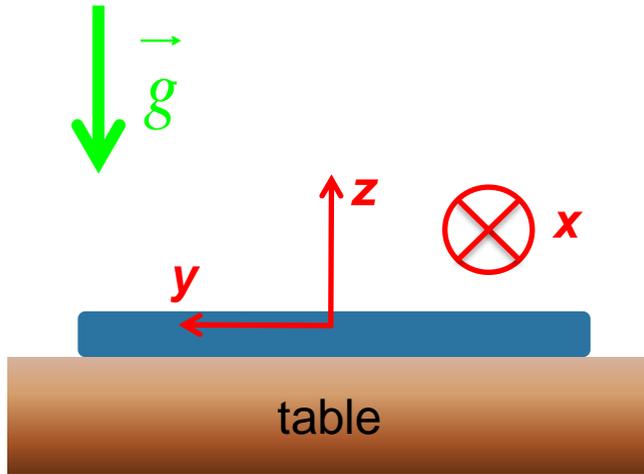
Vérifier avec la fonction inclinomètre de Phyphox.

2- Tenir compte des biais (offset, etc.) dans la mesure



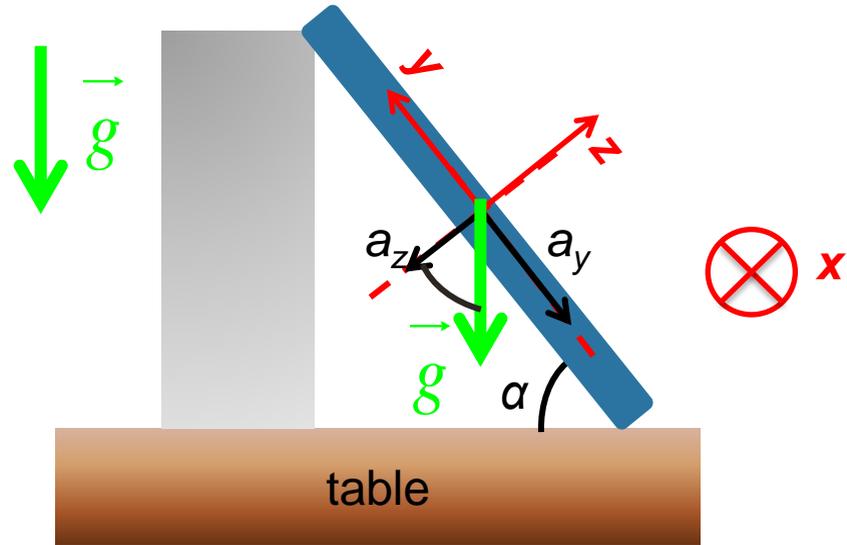
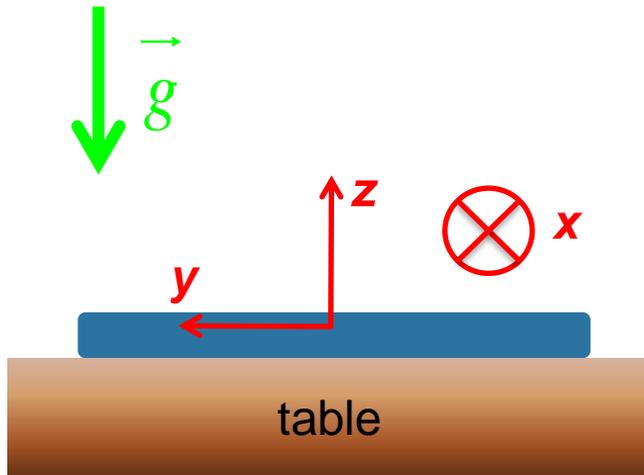
# Expérience 0 : mesurer un angle et comparer avec l'inclinomètre

## Accéléromètre avec gravité

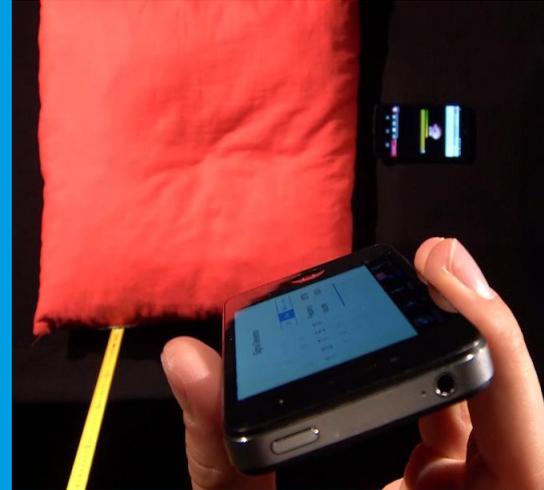


# Expérience 0 : mesurer un angle

## Accéléromètre avec gravité



# Exp 1 : La chute libre d'un smartphone



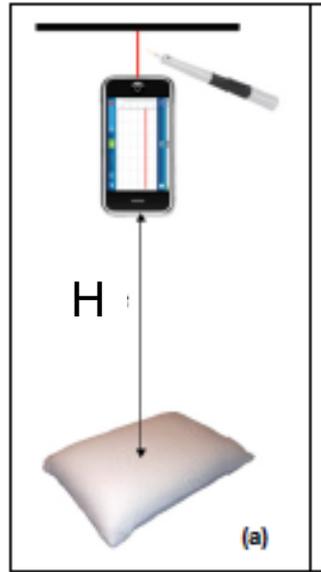
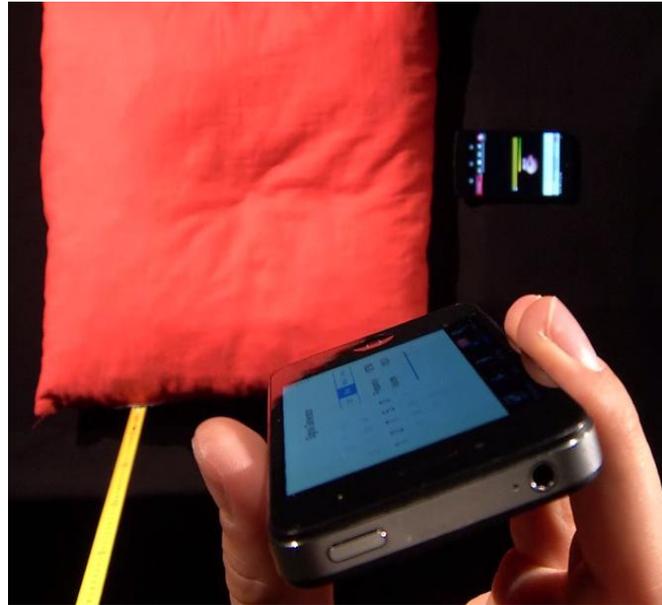
## Protocole

**1- Faire une chute libre de smartphone d'une hauteur  $H$  pour estimer la masse de la Terre**

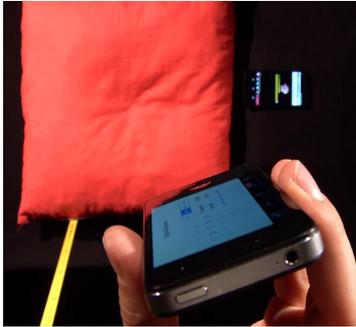
**2- Répétez la mesure pour plusieurs hauteurs  $H$**

# Exp 1: La chute libre d'un smartphone

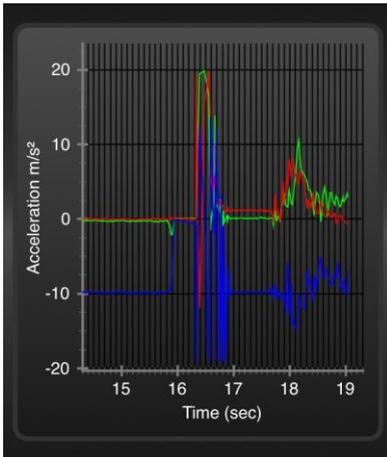
$$\begin{aligned} \vec{a} &= \vec{g} & \Rightarrow & g = \frac{2H}{\Delta t^2} \\ & & & = \frac{GM_{Terre}}{R_{Terre}^2} \end{aligned}$$



# Exp 1: La chute libre d'un smartphone

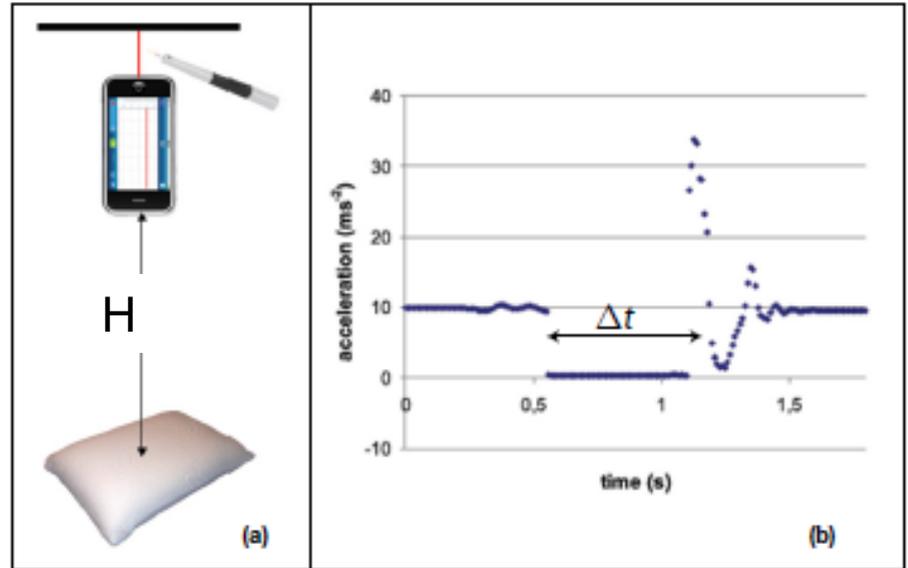


Aucune SIM 14:28  
Back Accelerometer

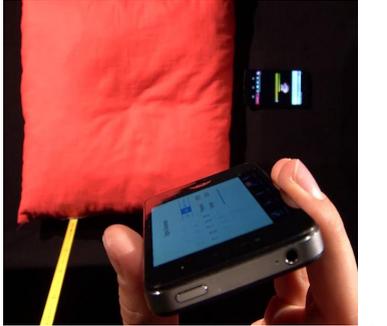


Start Clear Zoom X,Y,Z F Legend

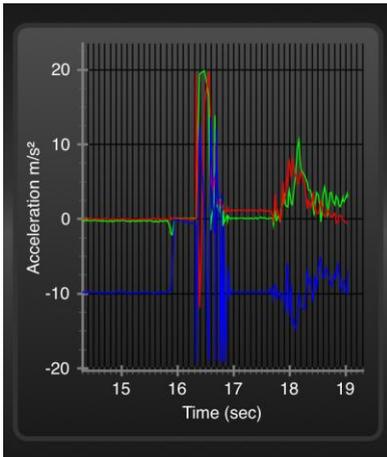
$$\Rightarrow g = \frac{2H}{\Delta t^2} \quad \Rightarrow 2H = g \cdot \Delta t^2$$



# La chute libre



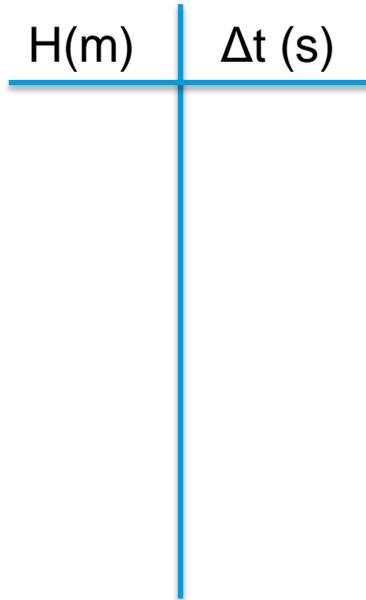
Aucune SIM 14:28  
Back Accelerometer



Start Clear Zoom X,Y,Z F Legend

$$\Rightarrow g = \frac{2H}{\Delta t^2}$$

$$\Rightarrow 2H = g \cdot \Delta t^2$$



$$g = \frac{GM_{Terre}}{R_{Terre}^2}$$

# Exp 2 : Etude du pendule avec un smartphone



## Questions

1- Variation de la période  $T$  en fonction de  $L$ .  
(tester la différence entre acc linéaire et avec  $g$ )

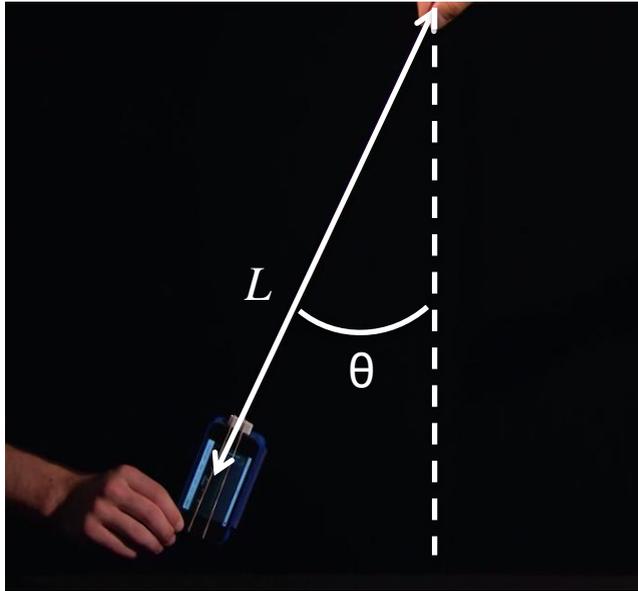
2- Tester les périodes selon  $X$  et  $Y$

3- Tenir compte des frottements (exportation des données)

4- Exporter sous python et tester les amplitudes des accélérations

# Le pendule simple

- Détermination de la période



$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_i$$

$$ml\ddot{\theta}\vec{\tau} + ml\dot{\theta}^2\vec{n} = -mg\sin\theta\vec{\tau} - mg\cos\theta\vec{n} + T\vec{n}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$a_x = l\ddot{\theta}$$

$$a_y = l\dot{\theta}^2$$

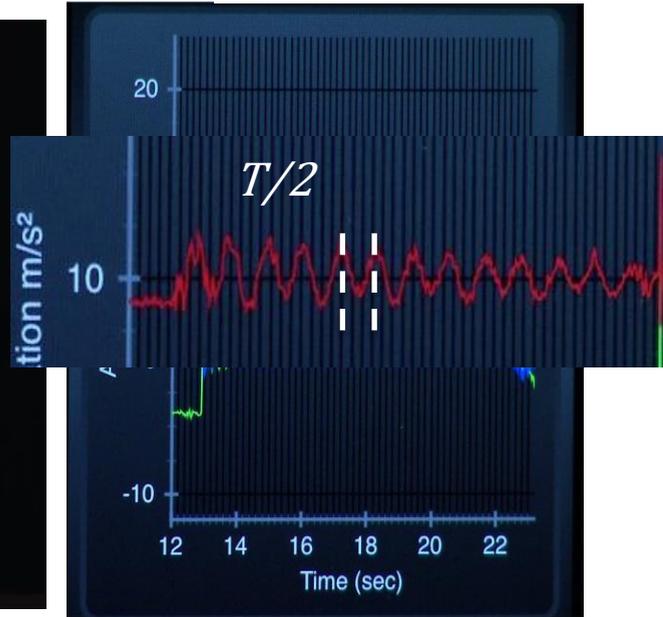
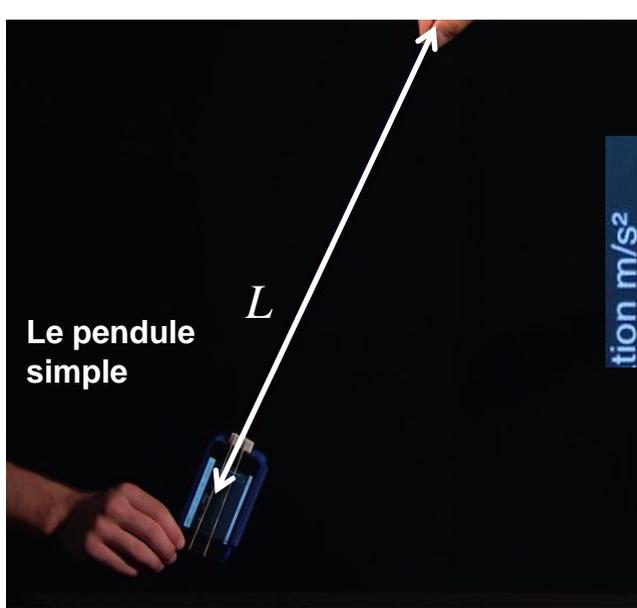
$$g = \text{champ de pesanteur} = \frac{GM_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}}^2}$$



# Exp 2 : Le pendule simple

- Détermination de la période

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_i$$
$$ml\ddot{\theta}\vec{\tau} + ml\dot{\theta}^2\vec{n} = -mg\sin\theta\vec{\tau} - mg\cos\theta\vec{n} + T\vec{n}$$



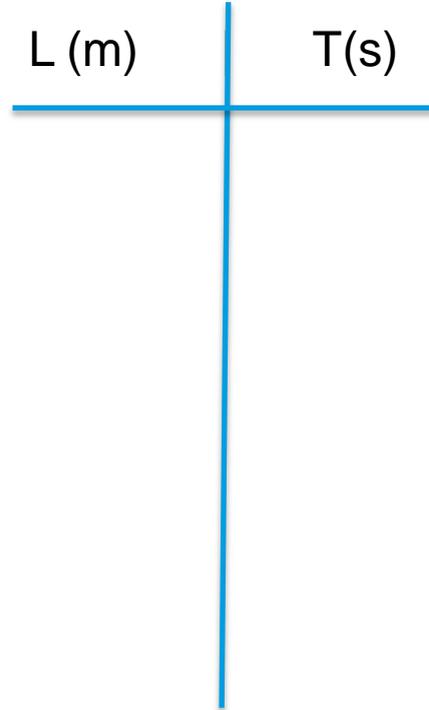
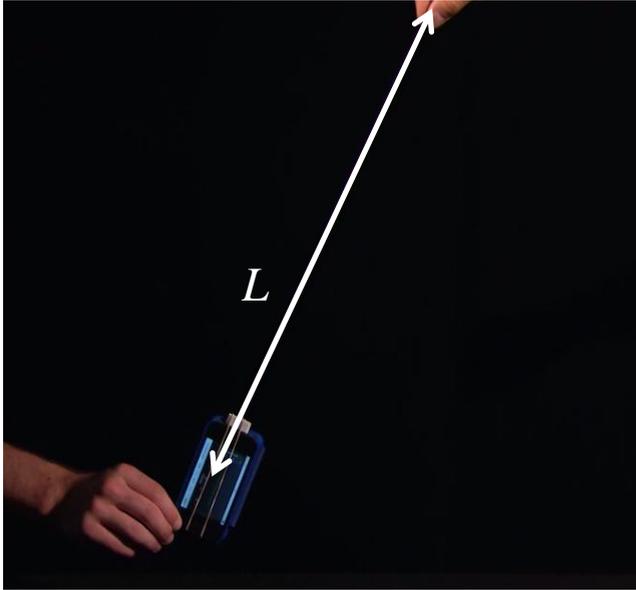
$$a_X = l\ddot{\theta}$$

$$a_Y = l\dot{\theta}^2$$

→ Exportation et traitement des données pour une meilleure détermination de  $T$

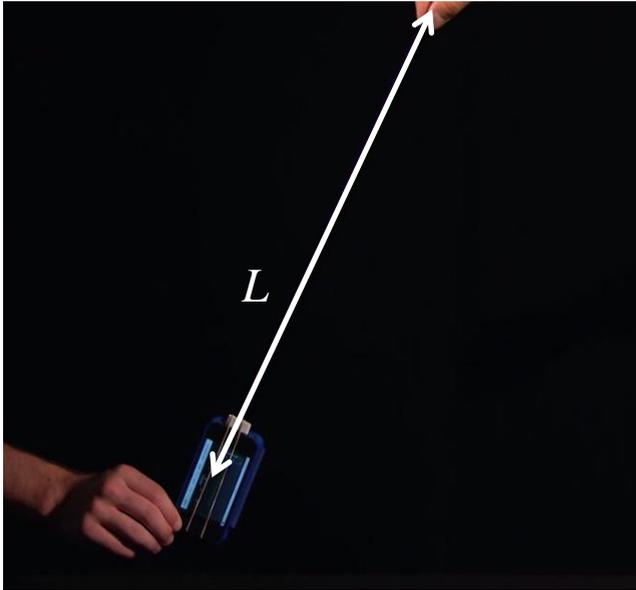
# Variation de la période $T$ en fonction $L$

- Variation de la longueur  $L$



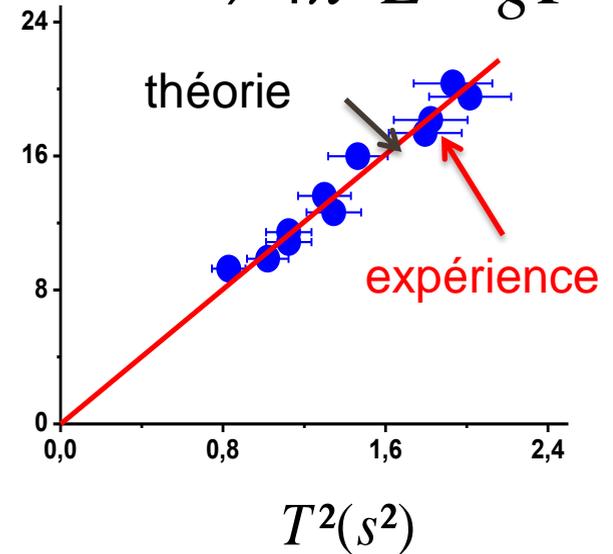
# Variation de la période T en fonction L

- Variation de la longueur L



$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

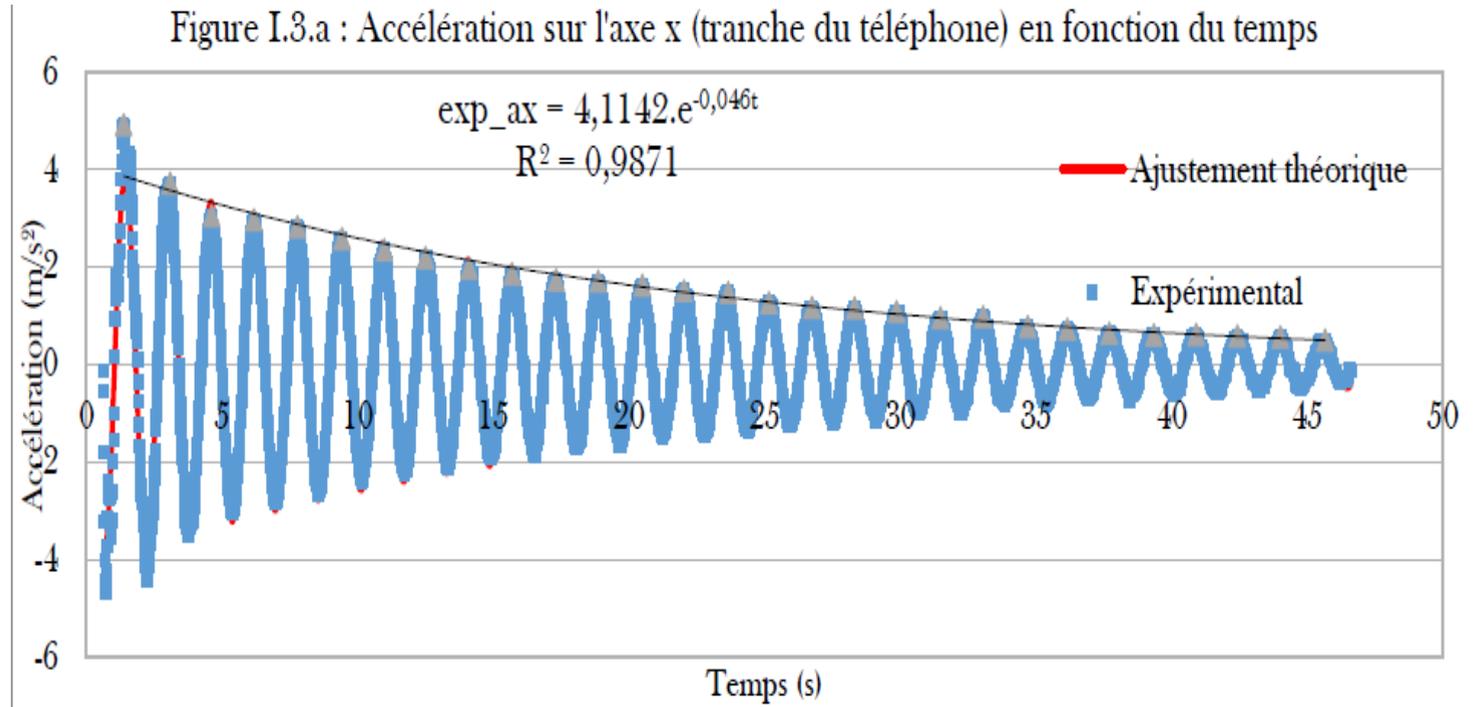
$$\Rightarrow 4\pi^2 L = gT^2$$



→ Extension : Formule de Borda (T en fonction de l'angle  $\theta_0$  )

# Et les frottements dans tout ça !

## Les frottements de l'air amortissent les oscillations !



# Expériences au choix pour finir

- Exp 3 : Conservation de l'énergie mécanique
- Exp 4 : Observer et mesurer des pixels avec son smartphone
- Exp 5 : Mesurer la vitesse du son par effet Doppler
- Exp 6 : Tester la loi de Malus
- Exp 7 : Mesurer la vitesse du son (Phyphox)
- Exp 8 : Variation du champ magnétique d'un aimant
- Exp 9 : Tester la caméra infrarouge
- Exp 10 : Analyse de l'éclairement en fonction de  $r$

## **Caractérisation du champ magnétique d'un aimant inconnu:**

1- Il faut trouver la position du capteur magnétique en se baladant au dessus de l'écran.

2- Une cartographie du champ à faire ensuite

## **Expérience Pression en fonction de l'altitude**

Le capteur de pression fonctionne bien et permet de mesurer des différences d'altitude.

## **Spectre audio d'instrument de musique**

Avec un instrument de musique et l'application phyphox, on peut enregistrer et exporter le spectre audio d'instrument de musique. Et étudier les harmoniques.

# Quelques retours sur les expériences

## **Loi de Malus et smartphone**

En utilisant une lunette 3D, et un écran d'ordinateur on peut étudier la loi de Malus avec le capteur de luminosité du smartphone. Si Phyphox ne permet pas d'utiliser l'appareil photo pour mesurer la luminosité, des applications Luxmètre existent

## **Mesure de la vitesse du son par résonance.**

Il s'agit de souffler dans une bouteille de bordeaux et de faire varier le niveau d'eau en utilisant l'application Spectre Audio de Phyphox

## **Mesure de la vitesse du son par effet Doppler /**

Fréquence émetteur = 5000 Hz. Fréquence détectée au repos 4992 Hz. Un sportif court vite et en utilisant la fonction historique de fréquence de la fonction Spectre Audio on peut voir le décalage Doppler . Environ 93 hz soit 6,3m/s.

# Quelques réponses aux questions

**Phyphox** : il existe un mode remote control (accès à distance) très utile. Pour afficher sur son ordinateur

**Choix de la fréquence d'échantillonnage** : En appuyant sur le '+' de Phyphox, on peut créer une nouvelle expérience et choisir la fréquence d'échantillonnage.

**Light meter et Lux meter, Phyphox**

Si Phyphox ne détecte pas le capteur de luminosité (qui n'est pas présent sur tous les smartphones), il est recommandé d'utiliser une autre App luxmeter.

