

Mesurer une accélération

Référentiel, compétences

Lycée :

- Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur.
- Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur.
- Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.
- Référentiel et relativité d'un mouvement. Description du mouvement d'un système.
- Collecter des données sur un mouvement (capacité expérimentale).

Lycée Professionnel :

- Identifier les grandeurs d'entrée et de sortie (avec leur unité) d'un capteur.
- Mettre en œuvre un capteur.
- Décrire un mouvement.

Compétences :

- **S'approprier** : Énoncer une problématique.
- **Analyser Raisonner** : Choisir, élaborer, justifier un protocole.
- **Réaliser** : Mettre en œuvre un protocole expérimental.
- **Valider** : Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.
- **Communiquer** : Présenter une démarche argumentée de manière synthétique et cohérente.

Situation déclenchante

La carte BBC micro:bit communique avec le monde extérieur par l'intermédiaire de capteurs intégrés (température, accéléromètre, lumière, magnétomètre). L'utilisation de ces capteurs peut donner l'occasion de répliquer avec des moyens moderne une expérience qui passionna les scientifiques d'une autre époque. L'apport des nouvelles technologies facilite un regard vers l'histoire, tout en adoptant une posture de recherche similaire à celle qui anima les grands scientifiques. Peut-on utiliser la carte BBC micro:bit afin de retrouver une valeur de l'accélération de la pesanteur.



Mesurer une accélération

J-L Balas

L'accélération de pesanteur g est l'objet d'étude de la gravimétrie. Elle n'est pas constante à la surface de la Terre, variant entre autres, avec l'altitude mais aussi la latitude en diminuant du pôle ($9,83 \text{ m/s}^2$) à l'équateur ($9,78 \text{ m/s}^2$) en raison de l'aplatissement de la Terre aux pôles et de la force centrifuge perçue dans le référentiel terrestre due à la rotation de la Terre autour de son axe.

Dans cette activité, on propose de marcher sur les pas de Pierre BOUGUER afin de retrouver à l'aide d'un pendule une valeur de l'accélération de la pesanteur.

Problématique

Comment fonctionne une mesure de signal sur la carte BBC micro:bit ?

Comment représenter des données ?

Mettre en œuvre un protocole expérimental.

Utiliser les données pour effectuer un calcul ?



Fiche méthode

Un peu d'histoire

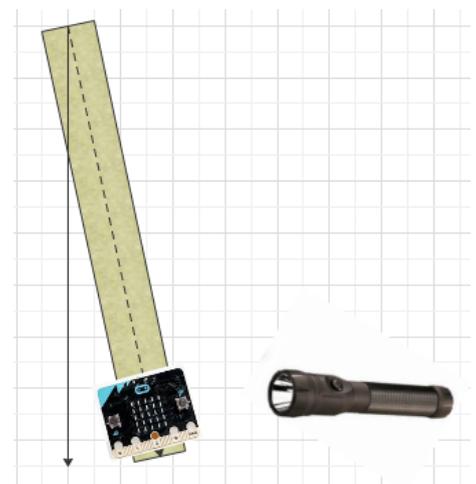
C'est au cours de l'expédition géodésique au Pérou entre 1735 et 1744, que Pierre BOUGUER réalise ses mesures pendulaires et ses mesures de la déviation de la verticale consignées dans son livre *La Figure de la Terre*, paru en 1749. BOUGUER a été envoyé au Pérou par l'Académie des Sciences, en compagnie de Godin, La Condamine et Jussieu pour réaliser des mesures astronomiques et des mesures géodésiques. Le but est de trouver quelle est la forme exacte de la Terre : sphérique, aplatie aux pôles ou allongée selon l'axe de rotation. Ce voyage, qui dure 9 ans, est épique. Les académiciens subissent un tremblement de terre, une épidémie, une révolte de la population locale et un climat montagneux parfois rude. Coupés de la France, ils doivent également subvenir à leurs besoins sur place, et pour ce faire l'un d'entre eux développe un trafic d'or ! Les personnes de l'expédition se divisent, certaines sont mortes, d'autres ont sombré dans la folie... Ce voyage est cependant d'une très grande richesse d'un point de vue scientifique : mesure d'un degré du méridien, mesure de la vitesse du son, mesure de la réfraction atmosphérique, détermination des altitudes grâce au baromètre et, nous allons le voir, mesure de la diminution de la pesanteur avec l'altitude ainsi que mesure de la déviation de la verticale par l'attraction des montagnes.



(Extrait de Culture Sciences Physiques [en ligne] - Ens Lyon - 2013)

Matériel nécessaire

- Une règle plate.
- Du ruban adhésif ou élastiques.
- Un roulement à bille à monter sur une tige métallique.
- Une lampe de poche.
- Une carte BBC micro:bit.
- Un câble USB A mini USB micro.
- Une calculatrice graphique TI-83 Premium CE Edition Python.
- Des potences et noix de serrage.
- Il est aussi possible d'utiliser un pendule pesant prêt à l'emploi sur lequel on fixera la carte micro:bit.



Fiche méthode

Mise en œuvre

L'expérience consiste à faire osciller une règle autour d'un axe fixe, sur lequel on a fixé la carte BBC micro:bit.

Une lampe de poche fixée sur la règle éclaire un plan horizontal sur lequel est placée la carte micro:bit.

La règle est écartée de sa position d'équilibre.

On appuie sur le bouton **A** de la carte micro:bit afin de déclencher l'exécution du script.

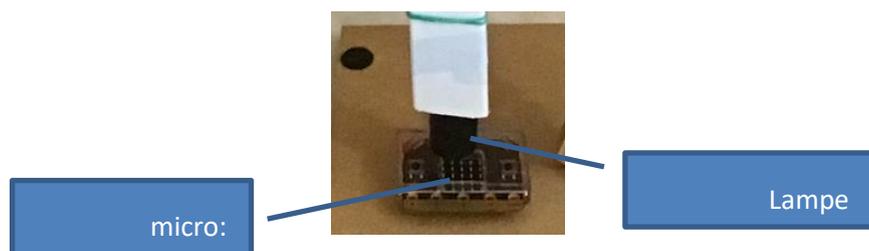
Lorsque la lampe passe devant la carte, l'intensité lumineuse captée par le capteur augmente brutalement.

On incrémente alors un compteur de 1 unité.

Le pendule oscille librement, le programme enregistre le nombre de passage devant la lampe et la durée totale de l'expérience.

La période T du pendule correspond à la durée d'une oscillation. Pour un écart $\alpha < 30^\circ$ et pour un pendule simple, la période est donnée par

$$\text{la relation : } T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$



Remarque

Le pendule est monté sur une tige métallique équipée d'un roulement à billes afin de limiter les frottements.

Fixer la lampe sur la règle à la place de la carte micro:bit évite d'avoir à utiliser un long câble USB et également d'être confronté à des dysfonctionnements (incompatibilités de certains adaptateurs USB).



Fiche méthode

Algorithme

Le script à réaliser peut correspondre à la proposition de l'algorithme suivant.

```
t0 ← mesure du temps           # Valeur initiale du temps
n ← 0                           # Nombre de passage devant la lampe
nmax ← 10

  Si le bouton A a été pressé Alors
    Tant que nmax < 10 : #cela fera 5 aller-retours pour nmax = 10
      lumi ← mesure du niveau de luminosité #indentation
      Si lumi > l0 alors #Seuil de luminosité ambiante (appel de fonction ajuste)
        n ← n + 1
        Allumer le pixel numéro n//2 de la ligne 1 (on aura donc une progression
        visuelle du pixel allumé)
      Fin Si
    Fin Tant que
  tf ← mesure du temps #mesure de tf en sortie de boucle tant que
  duree ← tf - t0
  période ←  $\frac{2 \times \textit{duree}}{n}$ 
  Afficher période
```

Fiche méthode

Remarque

La lampe étant située sur la verticale passant par la position d'équilibre, une oscillation enregistre deux passages.

Ainsi si l'on souhaite enregistrer le temps mis par le pendule pour effectuer 10 oscillations, on fixera le test d'arrêt à une valeur **n=20**.

La valeur **lumi** de luminosité de la lampe pourra préalablement être mesuré en utilisant un script destiné à cet effet.

Le calcul de la période du pendule est trivial.

Le pendule effectue $\frac{n}{2}$ oscillations en une durée de « time »

Le pendule effectue 1 oscillation en une durée de T (période)

Les grandeurs étant proportionnelles, on obtient : $T = \frac{2 \times \text{time}}{n}$

Étapes de résolution

- Chargement des modules nécessaires au fonctionnement du script.
- Le module **microbit** nécessite les modules **mb_disp** (affichage) ; **mb_sensr** (capteurs) et **mb_butns** (boutons).
- Création de la fonction **ajuste** afin de mesurer le niveau de luminosité ambiante. Pendant cette étape, la carte affiche la valeur du numéro de mesure k.



```
ÉDITEUR : PENDULE
LIGNE DU SCRIPT 0001
import ti_plotlib as plt
from ti_system import *
from time import *
from microbit import *
from mb_disp import *
from mb_sensr import *
from mb_butns import *
#ajuste
def ajuste():
    display.clear()
    k=0
```

Fiche méthode

- Création de la fonction **pixel**. Lors du passage du pendule devant la lampe, le pixel de rang $n//2$ sera allumé. La ligne centrale (n^2) est choisie.
- Création d'une fonction **periode**.
- Initialisation des variables n ; t_0 ; t_f et *periode*.
- On stocke dans l_0 , le résultat de la luminosité ambiante mesuré par la fonction *ajuste*.
 - Si le bouton A à été pressé.
 - **display.clear()** éteindre les DEL de la carte micro:bit.
- début de la mesure du temps.

Boucle Tant que :

 - Mesure du niveau de luminosité.
 - Si le niveau $> l_0$.
 - Incrémenter la valeur de n .
 - Afficher le pixel de rang $n//2$.
 - Mesure de la durée t_f .

Fin de la boucle **Tant que**

Calcul de la période T .

```

EDITEUR : PENDULE
LIGNE DU SCRIPT 0011
**k=0
**L=[]
**while k<5:
***lumi=display.read_light_level()
***lumi=round(lumi,0)
***L.append(lumi)
***k+=1
***display.show(k,delay=400,wait=True)
***display.clear()
**return sum(L)/len(L)
#Affichage
def pixel(n):
**lig=2
**col=n
**display.set_pixel(col,lig,9)
#Période
def periode():
**n=0
**t0=0_
**tf=0_
**l0=ajuste()
**if button_a.was_pressed():
***display.clear()
***t0=monotonic()
***while n<10:
****lumi=display.read_light_level()
****if lumi>l0:
*****n+=1
*****pixel(n//2)_
****tf=monotonic()
***time=tf-t0
***time=round(time,1)
***per=2*time/n
***per=round(per,2)
**return per
    
```

Calcul de la valeur de g

On enregistrera plusieurs essais, puis on effectuera un calcul de la moyenne des périodes de chaque essai. Les résultats pourront être présentés dans un tableau.

Après réalisation du script, la valeur de la période peut être obtenue dans la console en appuyant sur la touche VAR. A partir de la mesure de T et de la relation $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, montrer que : $g = \frac{4\pi^2 \times l}{T^2}$

Mesurer la longueur du pendule, puis en déduire une mesure de g .

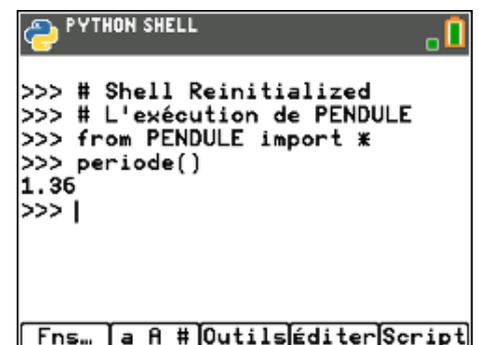


Fiche méthode

Exemple

Exécuter le script, appeler la fonction **periode**.

- Pendant la phase de mesure du niveau moyen de luminosité ambiante (sur 5 mesures), La carte affiche le n° de mesure.
- Appuyer sur le bouton **A** de la carte micro:bit.
- Après 10 oscillations, la valeur de la période en s est affichée.
- Le pendule utilisé à une longueur de 45 cm.
- Une valeur expérimentale de g sera donc : $g = \frac{4 \times \pi^2 \times 0.45}{1.36^2}$
soit $g = 9.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



```
PYTHON SHELL
>>> # Shell Reinitialized
>>> # L'exécution de PENDULE
>>> from PENDULE import *
>>> periode()
1.36
>>> |
Fns... | a A # |Outils|Éditer|Script
```

Afin d'affiner cette mesure de la valeur de g , d'autres expérimentations sont nécessaires. On pourra en particulier les réaliser pour différentes valeurs de la longueur du pendule.

Pour profiter de tutoriels vidéos, Flasher le QRCode ou cliquer dessus !

