

Référentiel, Compétences

Lycée :

- Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur.
- Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur.

Lycée Professionnel :

- Mesurer la pression en un point d'un fluide.
- Vérifier expérimentalement la loi de Boyle-Mariotte.

Compétences :

- **S'approprier** : Représenter une situation par un schéma.
- **Analyser Raisonner** : Choisir un modèle ou des lois pertinentes.
- **Réaliser** : Utiliser un modèle.
- **Valider** : Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.
- **Communiquer** : Utiliser un vocabulaire adapté.

Situation déclenchante

En 1648, **Blaise Pascal** publie son fameux traité sur la pression atmosphérique et confirme la pensée de **Jean Baptiste Baliani** qui remet en cause l'inexistence du vide. Ensuite, **Boyle** et **Mariotte** établissent leur relation entre pression et volume. La connaissance et la maîtrise de la pression est utilisée dans plusieurs domaines : Météo (cyclone), médecine (tension artérielle), aviation (altimètre avant le GPS), automobile (pneumatiques, suspension), fermeture des portes (TGV, RER), même les chaussures de sport...



La carte micro:bit peut-elle se transformer en appareil de mesure de pression ?

Peut-on reproduire l'expérience de Boyle-Mariotte en utilisant la carte BBC micro:bit en association avec quelques capteurs ? L'air peut-il nous servir aussi de balance ?

Problématique

Comment évolue la pression dans les milieux ?
Comment peut-t-on la mesurer avec la carte BBC micro:bit et un capteur de pression ?
Etalonner un capteur de pression (annexe).
Concevoir une balance grâce au principe fondamental de l'hydrostatique.

Principe fondamental de l'hydrostatique

La pression est une grandeur scalaire proportionnelle à l'intensité de la force F et inversement proportionnelle à la surface S sur laquelle s'exerce la force :

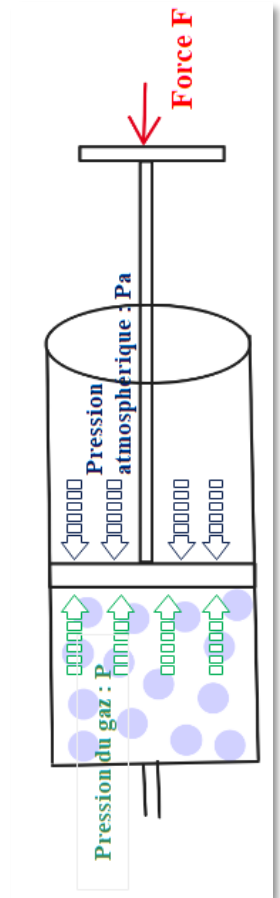
$$p = \frac{F}{S}$$

← en pascal (Pa)
→ en Newton (N)
→ en m²

Soit un fluide en équilibre qui subit une force F :

La différence de pression est donnée par la relation suivante : $P - P_a = \frac{F}{S}$

La pression atmosphérique $P_a = 101\,325\text{ Pa} = 101,3\text{ kPa}$



Matériel nécessaire

- Une calculatrice TI-83 Premium CE Edition Python.
- Une carte BBC micro:bit.
- Un câble USB mini-USB micro:bit.
- Un capteur grove « pression ».
- Une carte d'extension (Shield grove).

Mesurer une pression

Réaliser le montage suivant :

Le capteur utilisé dans cette expérience est un capteur Grove **MPX5700AP** capable de mesurer la pression de l'air dans une plage de 15 kPa à 700 kPa, il inclut une seringue de 60 ml et un tuyau translucide souple et qui possède une sensibilité de 6,4 mV/kPa.

Une proposition d'étalonnage de ce capteur se trouve en annexe de cette activité.



Le script permet d'afficher **la pression mesurée en kPa**.

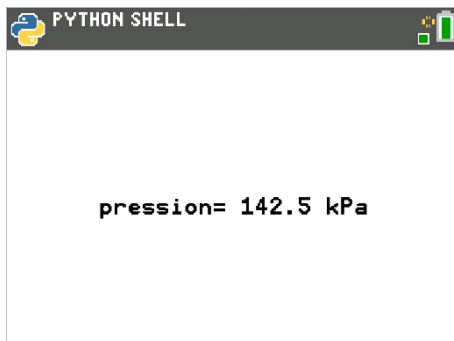
La disponibilité de la commande du module Grove pour la pression rend la réalisation de ce script très facile.

Chargement des modules nécessaires :

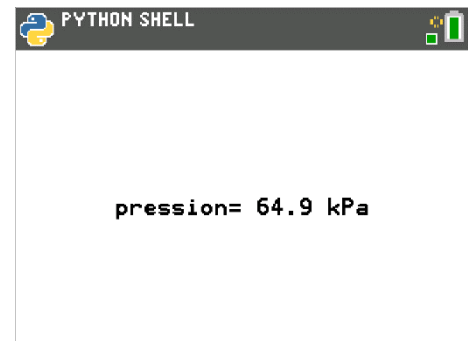
- `micobit` pour le fonctionnement de la carte.
- `ti_system`.
- `mb_ti_ptotlib` pour les représentations graphiques.
- `mb_grove` pour la gestion des capteurs grove.
- Création d'une fonction `press`.
 - Boucle **Tant que** (la touche **annul** n'est pas pressée)
 - Lecture de la valeur de la distance et affectation à la variable `p`.
 - Affichage de la valeur lue avec une décimale au

```
ÉDITEUR : PRESS
LIGNE DU SCRIPT 0005
import ti_plotlib as plt
from microbit import *
from ti_system import *
from mb_grove import *
#Mesure de pression
def press():
    while not escape():
        p=grove.read_pressure(pin0)
        msg="pression= %.1f kPa"%p
        plt.cls()
        plt.text_at(7,msg,"center")
        sleep(10)
```

Compression $p > p_a$



Dépression $p < p_a$



Remarque

Au niveau microscopique, La pression est due à l'agitation incessante des atomes ou des molécules qui se déplacent à grande vitesse. De ce fait une pression nulle correspond à un vide parfait.



Application

Balance à base d'air

On se propose de déterminer la masse inconnue posée sur le piston. Ce dernier va effectuer une course allant de P_1 à une pression P_2 (qui sera mesurée avec notre dispositif).

Loi fondamentale de l'hydrostatique donne :

$$P_2 - P_1 = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\pi r^2} \quad m = \frac{(P_2 - P_1) \times \pi \times r^2}{g}$$

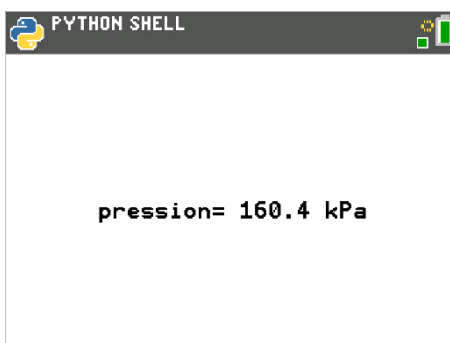
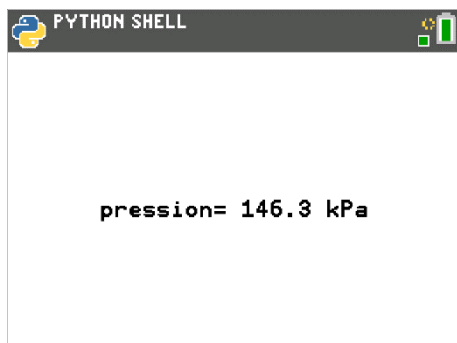
d'où

- $r = 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}$
- $g = 9,81 \text{ kg.m.s}^{-2}$
- $m = 7,2 \times 10^{-5} \times (P_2 - P_1)$

Expérience :

P_1

P_2

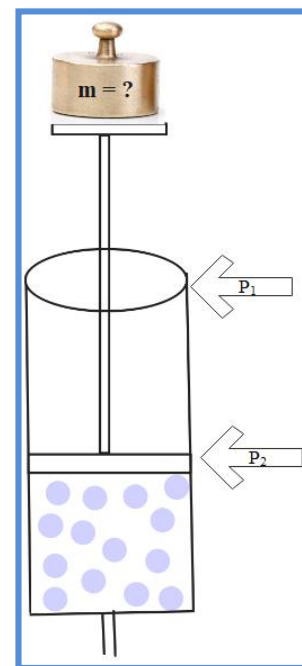


Calcul de la masse m :

$$P_2 - P_1 = 14,1 \text{ kPa} = 14\,100 \text{ Pa.}$$

$$m = 7,2 \times 10^{-5} \times 14\,100 = \mathbf{1,015 \text{ kg.}}$$

Effectivement, il s'agit d'un paquet d'un kilogramme de riz.



Loi de Boyle-Mariotte

Énoncé de la loi :

A température constante, le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression.

Mathématiquement : $P = \frac{k}{V}$ ou $P \times V = k$

A l'aide d'une seringue de 60mL, un tuyau souple, du montage comportant le capteur de pression et la carte micro:bit, on se propose de vérifier la loi de Boyle-Mariotte.

Facultativement, on a ajouté un capteur de température pour confirmer la constance de la température.

Chargement des modules nécessaires : `tiplotlib` (représentation graphique), `ti_system` (export des données), `microbit` (gestion de la carte), `mb_pins` (gestion des ports) et `mb_grove` (capteurs grove)

- Création d'une fonction `mesure`.
- Lecture de la valeur de la pression et affectation à la variable `p`.
- Lecture de la valeur de la température et affectation à la variable `T`.
- `plt.cls()` : effacer l'écran.
- `plt.auto.window` : réglage automatique de la fenêtre graphique.
- `plt.axes` : affichage des axes.
- `plt.labels` : étiquettes sur les axes.
- `plt.title` : Titre du graphique.
- `plt.color` : couleur rouge pour la représentation des données.
- `plt.scatter()` : motif de représentation.
- `plt.show_plot()` : Met en pause l'affichage.

On peut réaliser la même expérience en exprimant la pression P en fonction de l'inverse du volume, ainsi on obtient la constante k qu'on peut expliciter en adoptant le modèle du gaz parfait : $PV = K = nRT$, avec :

T : la température (°K).

R : la constante des gaz parfaits = $8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

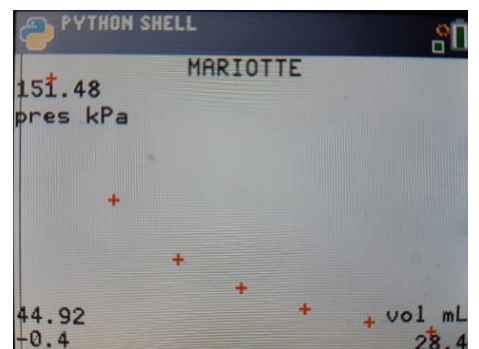
n : nombre de moles contenus dans la seringue.

```
ÉDITEUR : BOYLEMAR
LIGNE DU SCRIPT 0001
import tiplotlib as plt
from microbit import *
from mb_pins import *
from ti_system import *
from mb_grove import *
def mesure():
    *p=grove.read_pressure(pin0)
    *T=grove.read_temperature(pin1)

    *vol=[2,6,10,14,18,22,26]
    *pres=[]
    *for i in range(len(vol)):
        *msg1="Volume fixe a= %.1f"%
            vol[i]
        *msg2="Temperature = %.1f"%T
        *plt.cls()
        *plt.text_at(5,msg1,"center")

        *plt.text_at(8,msg2,"center")

        *sleep(3000)
        *p=grove.read_pressure(pin0)
        *pres.append(p)
# representation graphique
*vol=[2,6,10,14,18,22,26]
*plt.cls()
*plt.auto_window(vol,pres)
*plt.axes("on")
*plt.labels("vol mL","pres kPa",
            ,11,3)
*plt.title("MARIOTTE")
*plt.color(255,0,0)
*plt.scatter(vol,pres,"+")
*plt.show_plot()
Fns... a A # Outils Exéc Script
```



ANNEXE :

Etalonnage d'un capteur de pression

Deux méthodes peuvent être proposées à partir d'une recherche personnelle :

- **A partir des caractéristiques du capteur :**

Plage de 15 kPa à 700 kPa.

Sensibilité de 6,4 mV/kPa.

A une tension, on va lui associer une pression : $1\text{kPa} = 1000\text{Pa} \longrightarrow 6,4\text{mv} = 0,0064\text{V}$
 $P(\text{Pa}) \longrightarrow U(\text{V})$

Donc : $U(\text{V}) = 6,4 \times 10^{-6} \times P$

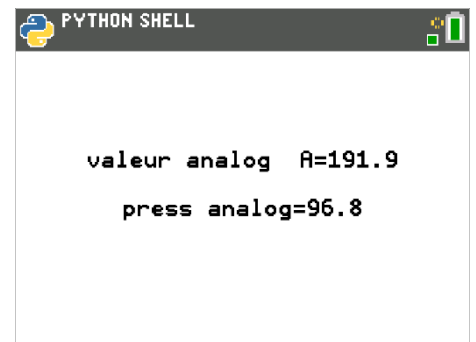
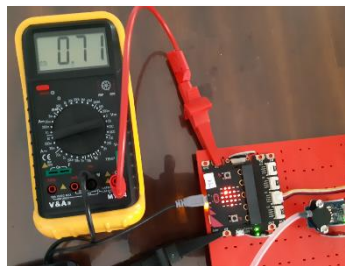
La valeur analogique associée est : $A = \frac{U \times 1023}{3,3} = 0,001984 \times P$

Exemple

Si $P = 1\text{atm} = 101\,325\text{Pa}$, on doit obtenir une tension $U = 0,65\text{V}$ délivrée par le micro:bit et une valeur analogique $A = 201$.

Expérience

On est à $1\text{atm} \approx 101\text{kPa}$, or la valeur analogique $A = 192$ et la pression trouvée est de 97kPa .



- **En utilisant la fonction de transfert et les données réels :**

La fonction du transfert fourni par le constructeur pour une plage de **0 à 700 kPa** est :

Transfert Function :

$$V_{out} = V_s \times (0,0012858 \times P + 0,04) \pm \text{Error}$$

$$V_s = 5,0\text{Vdc}$$

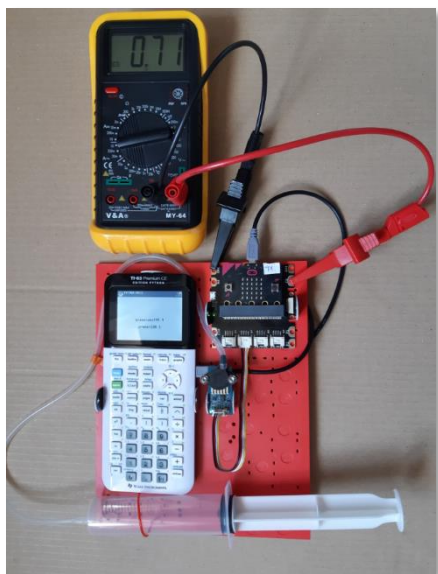
Temperature = 0 to 85°C

Donc $P = \frac{V_{out} \times 777,73}{V_s} - 31,11\text{kPa}.$

Exemple :

Cette fois-ci, on mesurera la pression atmosphérique :

$$V_{out} = 0,71 V$$



$$V_s = 3,91 V$$



En appliquant l'expression ci-dessus, la pression trouvée est $P = 110 \text{ kPa}$.

Remarque

Pour avoir des pressions faibles en dessous de P_{atm} , ($P < 101 \text{ kPa}$), on peut soit :

- Aspirer la seringue (tirer vers l'arrière).
- Placer l'ensemble dans une cloche sous vide.



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



Ce document est mis à disposition sous licence Creative Commons

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/fr/>

© Texas Instruments 2020 / Photocopie autorisée

