

## 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 m<sup>2</sup>

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

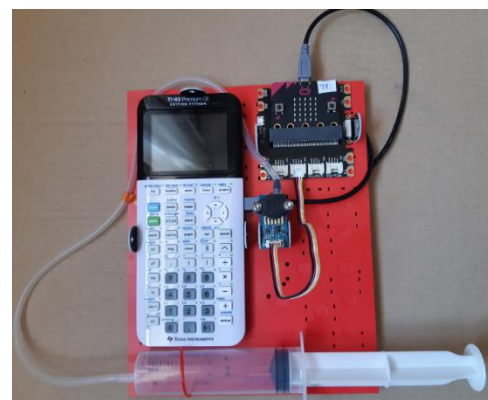
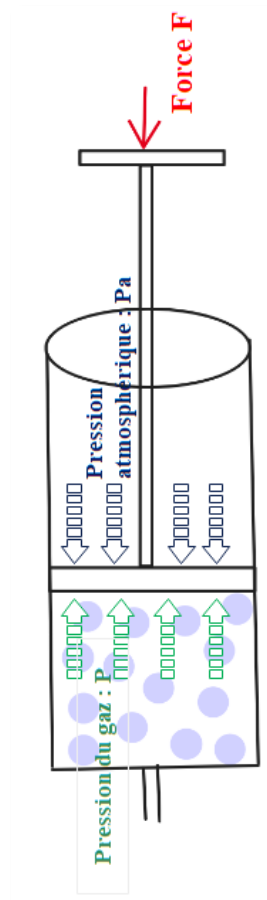
- Une calculatrice TI-83 Premium CE Edition Python.
- Une carte BBC micro:bit.
- Un câble USB mini-USB micro:bit.
- Un capteur grove « pression ».
- Une carte d'extension (Shield grove).

## 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.



## Loi de Boyle-Mariotte



A. Yazı

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

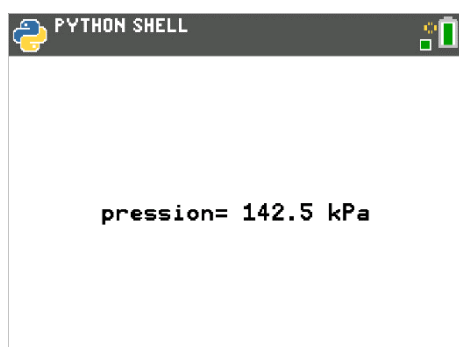
La disponibilité de la commande du module Grove pour la pression rend la réalisation de ce script très facile.

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 tiplotlib 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.



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

## 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 :

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

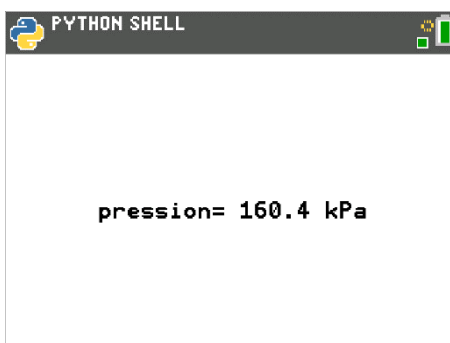
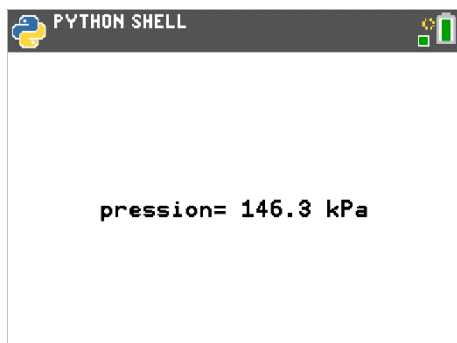
d'où

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

### Expérience :

$P_1$

$P_2$

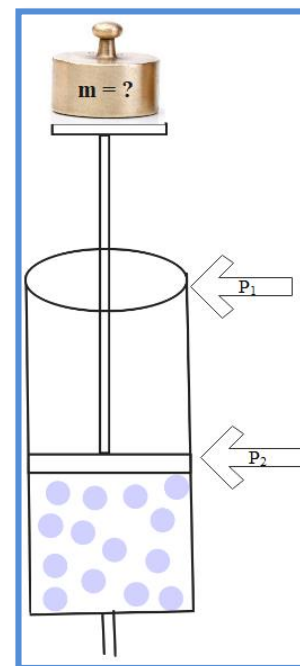


### Calcul de la masse m :

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

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

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



## Loi de Boyle-Mariotte



A. Yazi

### Loi de Boyle-Mariotte

#### Enoncé 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 =  $8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

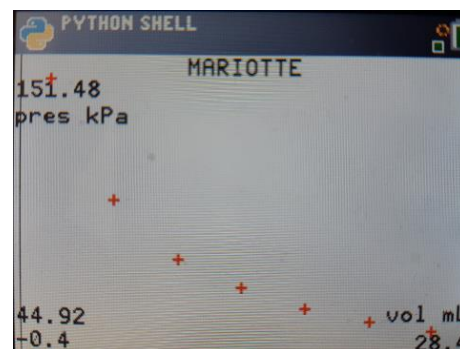
$n$  : nombre de moles contenus dans la seringue.

```
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
```



## Loi de Boyle-Mariotte

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

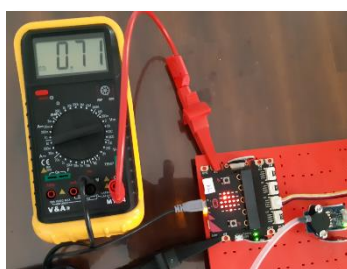
La valeur analogique associée est :  $A = \frac{U \times 1023}{3,3} = 0,001984 \times P$

#### 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  $97 \text{ kPa}$ .



```
PYTHON SHELL

valeur analog A=191.9
press analog=96.8
```

➤ **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

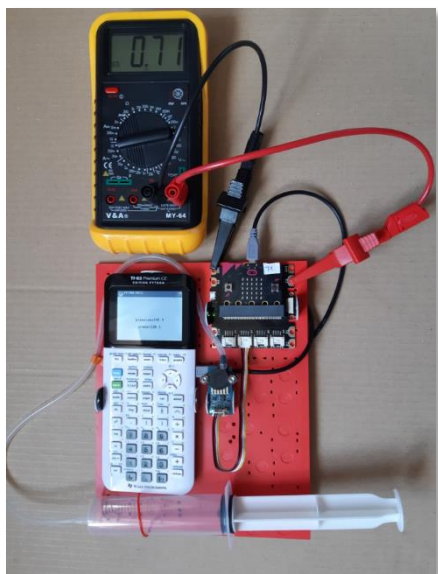
Donc  $P = \frac{V_{out} \times 777,73}{V_s} - 31,11 \text{ kPa.}$



### Exemple :

Cette fois-ci, on mesurera la pression atmosphérique :

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



$$V_s = 3,91 \text{ V}$$



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

