

## Vérifier la loi de Mariotte

### Fiche élève

#### Problématique

Quel est le comportement d'un gaz lorsque sa pression ou son volume varient ?

#### Objectifs

- Effectuer des mesures de volume et de pression pour vérifier la loi de Mariotte.
- Valider les résultats en réalisant une modélisation numérique.

#### Compétences

##### Analyser/Raisonner

- Formuler des hypothèses.
- Choisir un modèle ou des lois pertinentes.
- Choisir, élaborer, justifier un protocole.
- Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.

##### Réaliser

- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.
- Utiliser un modèle.
- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.)
- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance.

##### Valider

- Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.

#### Matériel :

- Valise *Arduino* contenant :
- Une carte *Arduino* + capteurs *Groove*
- Un capteur de pression
- Une seringue munie d'un tube souple
- Ordinateur muni du logiciel *Arduino* et du langage Python sur *Jupyter*

## Document 1 : la loi de Mariotte

Les gaz sont compressibles, c'est-à-dire que le volume d'une quantité de matière de gaz donnée varie quand sa pression varie.

Objectif : établir la loi qui relie la pression et le volume d'un gaz.

### Unités

Unité de pression : le pascal (Pa).

$1 \text{ hPa} = 1 \times 10^2 \text{ Pa}$

Unité de volume : le mètre cube ( $\text{m}^3$ ).

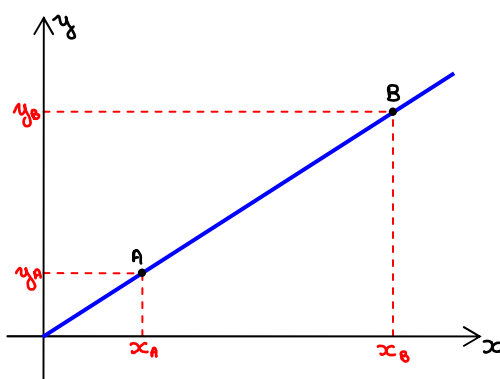
$1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

## Document 2 : rappel mathématique

La proportionnalité entre deux grandeurs  $x$  et  $y$  est traduite par une fonction linéaire du type  $y = a \times x$ .

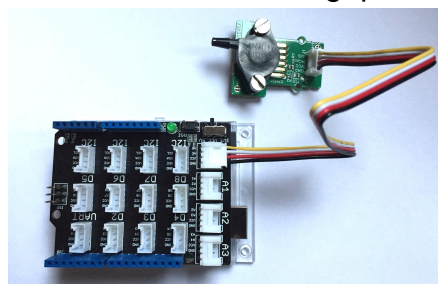
La représentation graphique d'une telle fonction est une droite passant par l'origine.

Le coefficient directeur de la droite est  $a = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$ .

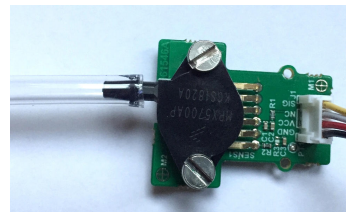


## Document 3 : mise en fonction du capteur de pression

- Relier un capteur de pression à l'entrée analogique A0 d'une carte de type *Arduino*.



- Connecter la carte sur le port USB de l'ordinateur et lancer le logiciel *Arduino*.
- Ouvrir le programme *capteur\_pression.ino*.
- Sélectionner le port sur lequel est branchée la carte *Arduino* et noter la valeur de ce port.
- Téléverser le programme dans la carte.
- Fermer le logiciel *Arduino*.
- Lancer le programme *Jupyter*
- Créer un dossier *TP\_1SPE\_PHYS11*
- Importer les fichiers *loi\_mariotte\_mesures.ipynb* et *loi\_mariotte\_exploitation.ipynb*.
- Ouvrir le fichier *loi\_mariotte\_mesures.ipynb* et renseigner la variable *port* avec le numéro du port utilisé par la carte *Arduino*.



## Document 4 : étalonnage du capteur

- Relever la pression atmosphérique à Beauvais sur la page <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/beauvais-tille/07055.html>
- Exécuter la première cellule du notebook (Etalonnage du capteur)
- Connecter la carte *Arduino* en cliquant sur le bouton *Arduino*.
- Cliquer sur le bouton *Mesure*. La pression (en hPa) affichée devrait être égale à la pression atmosphérique  $P_0$ .
- Si ce n'est pas le cas, modifier par tâtonnement la valeur du coefficient  $k$  de façon à ce que le capteur affiche la valeur de la pression atmosphérique sur Beauvais.
- Déconnecter la carte *Arduino* en cliquant à nouveau sur le bouton *Arduino*.

## Démarche d'investigation

### I. Préparation

- Déplacer le piston de la seringue de façon à emprisonner un volume  $V=60\text{ mL}$  d'air dans la seringue et relier le tuyau au capteur.
- Exécuter la seconde cellule (Mesures ponctuelles) et connecter la carte *Arduino* en cliquant sur le bouton *Arduino*.

### II. Protocole

- Effectuer la première mesure de pression pour un volume d'air contenu dans la seringue  $V=60\text{ mL}$  en cliquant sur le bouton *Mesure*.
- Tourner doucement la molette pour avancer le piston et renouveler 7 fois la mesure pour des volumes régulièrement espacés compris entre  $60\text{ mL}$  et  $25\text{ mL}$  (de  $5,0\text{ mL}$  en  $5,0\text{ mL}$ )
- Pour sauvegarder vos mesures, cliquer sur le bouton *Tableaux* et copier les lignes correspondants à vos mesures dans le presse-papier.
- Déconnecter la carte *Arduino* en cliquant à nouveau sur le bouton *Arduino*.

### III. Exploitation

#### 1. Unités

- Ouvrir le notebook *loi\_mariotte\_exploitation.ipynb*.
- Coller les tableaux de mesures précédents à l'emplacement prévu à cet effet.
- Pour travailler dans le système international et calculer l'inverse de chaque volume, compléter les lignes :

```
# V en m3
V = [v * ... for v in V]
# P en Pa
P = [p * ... for p in P]
# calcul de 1/V
inv_V = [... for v in V]
```
- Exécuter la cellule.

## 2. Incertitudes

- Le groupe de TP estimera les incertitudes sur les volumes. Compléter les lignes :  

```
# u(V) = ... mL
U_V = [... for v in V]
```
- Sachant que l'incertitude sur la pression est de 2,0%, compléter les lignes :  

```
# u(P) = ... % * P
U_P = [... for p in P]
```
- Sachant que l'incertitude sur  $\frac{1}{V}$  est de la forme  $u\left(\frac{1}{V}\right) = \frac{1}{V^2} \times u(V)$ , compléter les lignes :  

```
# u(1/V) = 1/V**2 * uV
U_invV = [... for v, uv in zip(V,U_V)]
```
- Exécuter la cellule.

## 3. Graphe

- Exécutez la cellule pour tracer le graphique
- Quelle droite a-t-on tracée ?
- Compléter la ligne qui permet l'affichage du coefficient directeur de la droite :  

```
display(Math('m = {:.3f}~Pa.m^3'.format(...)))
```
- Quel est la valeur du coefficient directeur de cette droite ?
- Sachant que la droite passe par l'origine, donner son équation.

## 4. Questions

- Exprimer le produit  $P \times V$ .
- En déduire la loi de Mariotte.

## 5. Pour aller plus loin

- Reprendre le notebook *loi\_mariotte\_mesures.ipynb*.
- A l'aide de la première cellule (Etalonnage du capteur), en gardant le piston de la seringue immobile, poser la paume de la main sur le cylindre pour chauffer l'air qu'il contient.
- Effectuer plusieurs mesures et observer comment évolue la pression.
- Cette expérience prouve que la constante dépend d'au moins un paramètre. Lequel ?