

TP24 Loi de Mariotte

Ressources

- Site officiel Arduino : <https://www.arduino.cc>
- Prise en main de la Arduino UNO : <https://phychim.ac-versailles.fr/spip.php?article1076>
- Logiciel permettant de simuler le fonctionnement d'un montage contenant un microcontrôleur : <https://www.tinkercad.com>
- Logiciel permettant de tracer des schémas électriques contenant un microcontrôleur : <https://fritzing.org/home/>
- Pressiomètre : <https://www.pierron.fr/pressiometre.html>
- Capteur de pression : <https://fr.farnell.com/nxp/mpx5700ap/capteur-de-pression/dp/1391623>

But du TP

Tester la loi de Mariotte en utilisant un dispositif comportant un microcontrôleur.

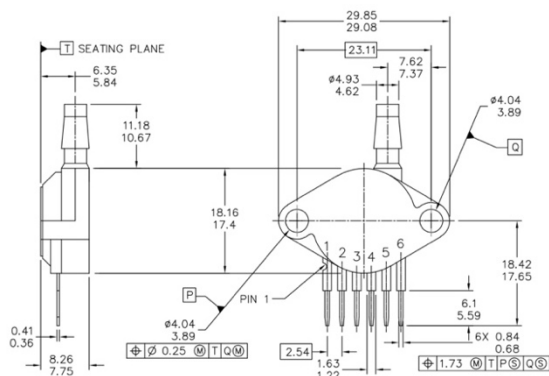
1) Réalisation d'un pressiomètre (partie à préparer à la maison)

Attention : dans toute cette première partie le symbole V est utilisé pour représenter des tensions.

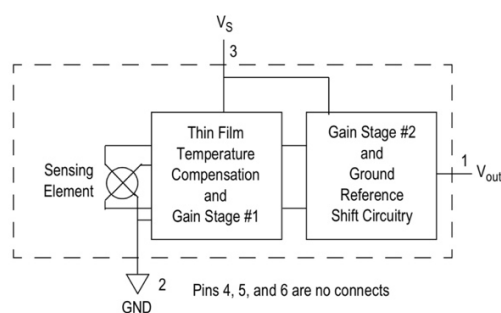
On souhaite réaliser un pressiomètre à l'aide d'un capteur de pression absolue, d'une carte à microcontrôleur associée à une platine de développement.

Le capteur de pression retenu est le suivant : mpx5700ap

La carte à microcontrôleur retenue est la suivante : Arduino UNO



Doc 1



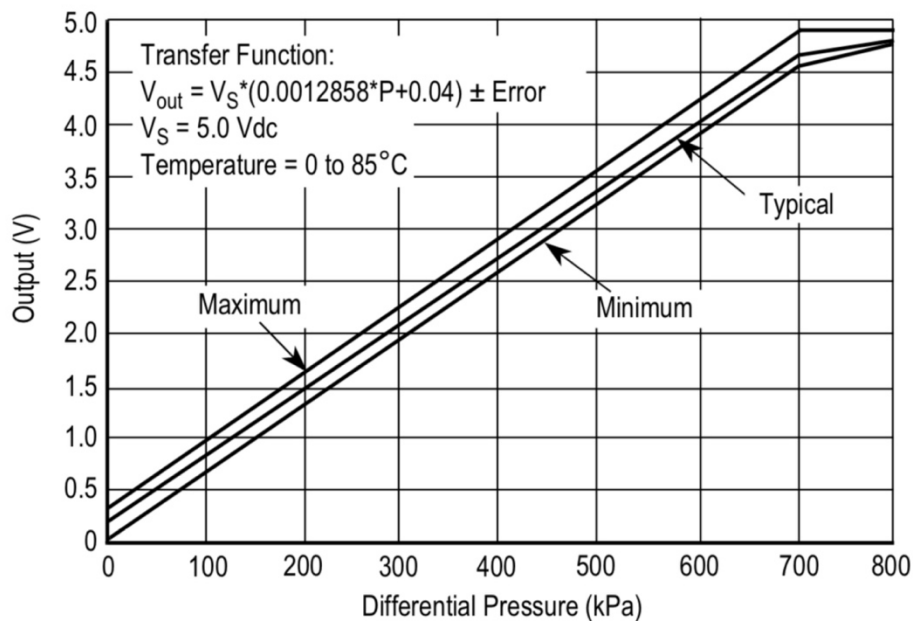
Doc 2

1. Qu'est-ce qu'un capteur ?
2. D'après les documents 1, 2 et 3 tirés de la documentation technique du capteur :
 - a. Indiquer le nombre de broches du capteur de pression. Quelles sont celles qui n'auront pas à être connectées ?
 - b. L'écartement entre deux broches a été choisi de façon à pouvoir enficher le composant sur la platine de développement. Analyser le document 1 (les côtes sont en mm) pour donner cet écartement.

- Quelle est la grandeur d'entrée du capteur. Préciser son unité.
- Au sommet du capteur se trouve un embout percé d'un orifice. À quoi sert-il ? Donner son diamètre externe.
- Le composant comporte deux broches d'alimentation de symbole V_S et GND. GND sert à indiquer la masse du montage qui est au potentiel 0V. Quelles sont les valeurs autorisées par le fabricant pour V_S ?
- Quelle est la grandeur de sortie du capteur ? Sur quelle broche du capteur la relève-t-on ?
- Donner la sensibilité typique du capteur indiquée par le fabricant.

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾ Gauge, Differential: MPX5700D Absolute: MPX5700A	P_{OP}	0 15	— —	700 700	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V_S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current	I_O	—	7.0	10	mAdc
Zero Pressure Offset ⁽³⁾ Gauge, Differential (0 to 85°C) Absolute (0 to 85°C)	V_{off}	0.088 0.184	0.2 —	0.313 0.409	Vdc
Full Scale Output ⁽⁴⁾ (0 to 85°C)	V_{FSO}	4.587	4.7	4.813	Vdc
Full Scale Span ⁽⁵⁾ (0 to 85°C)	V_{FSS}	—	4.5	—	Vdc
Accuracy ⁽⁶⁾ (0 to 85°C)	—	—	—	±2.5	% V_{FSS}
Sensitivity	V/P	—	6.4	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁷⁾	t_R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	I_{O+}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time ⁽⁸⁾	—	—	20	—	ms

Doc 3



Doc 4

3. Linéarisation de la caractéristique

Le document 4 donne la caractéristique du capteur (c. à d. la courbe de V_{out} en fonction de la pression P) ainsi que la fonction de transfert :

$V_{out} = V_S * (0.0012858 * P + 0.04)$ où $V_S = 5.0 \text{ V}$ continu est la tension d'alimentation et P est la pression en kPa

- a. Exprimer V_{out} en fonction de P sous forme de fonction affine
 - b. D'après les documents 3 et 4, la fonction que vous venez de trouver est-elle applicable quelle que soit la pression P mesurée ?
 - c. Quel lien peut-on faire entre la sensibilité S du capteur et a le coefficient directeur de la droite qui représente la fonction affine.
 - d. Si l'on souhaite linéariser la caractéristique il faut retrancher la valeur de b (l'ordonnée à l'origine de la droite) à celle de V_{out} pour obtenir une fonction linéaire. Comparer la valeur de b à celle de V_{off} typique donnée dans le document 3.
 - e. Si la tension U est définie par $U = V_{out} - V_{off}$ montrer que l'expression de U en fonction de P est une fonction linéaire. Préciser les unités de U et P .
 - f. Montrer que l'expression précédente est équivalente à $U = S \times P$ où U est la tension exprimée en mV, P est la pression exprimée en kPa et S est la sensibilité indiquée par le fabriquant (en mV/kPa)
4. La pression d'un pressiomètre est souvent affichée en hPa. Expliquer comment convertir des kPa en hPa.
 5. Compléter le programme suivant qui sera téléversé dans le microcontrôleur :

```
#define mesurePin 0 // sélection de la borne A0 à laquelle est reliée la sortie du capteur de pression

void setup() {
  Serial.begin(9600); //initialisation de liaison série
  delay(60); // supérieur au temps d'initialisation du capteur (20 ms) pour lui permettre de s'initialiser
}

void loop() {
  int CAN = analogRead(mesurePin); // lecture de la valeur numérique retournée par le CAN 10 bits (valeur comprises entre 0 et 1023)
  float Vout = CAN * 5.0 / 1023.0; // déduction de la tension mesurée
  float Voff = ; // décalage typique (en V) = ordonnée à l'origine de la fonction affine de transfert typique
  float U = ; // (en V) linéarisation de la caractéristique par suppression de l'offset
  U = U*1000 ; // conversion de la tension en mV
  float sensibility = ; // sensibilité du capteur en mV/kPa
  float pression = ; // calcul de la pression mesurée en kPa
  pression = pression * 10 ; // conversion de la pression en hPa
  Serial.println(pression) ; //affiche dans le moniteur serie les valeurs de pression en hPa
  delay(100) ; // temps de latence entre 2 mesures (en ms)
}
```

- Pour vérifier que le pressiomètre fonctionne on pourra afficher les données du pressiomètre dans le logiciel Arduino : Outils > Moniteur série ou bien Outils > Traceur série.

2) Vérification de la loi de Mariotte

Attention : dans cette seconde partie le symbole V est utilisé pour représenter des volumes. On utilisera le programme LoideMariotte.py (à lancer dans Spyder).

1. On relie le capteur de pression à une seringue graduée jusqu'à 60 mL par un tuyau flexible de diamètre intérieur 5.0 mm. Montrer que 5.0 cm de tuyau contient environ 1mL d'air. On rappelle que le volume d'un cylindre de longueur L est donné par :

$$V = \pi \times r^2 \times L$$

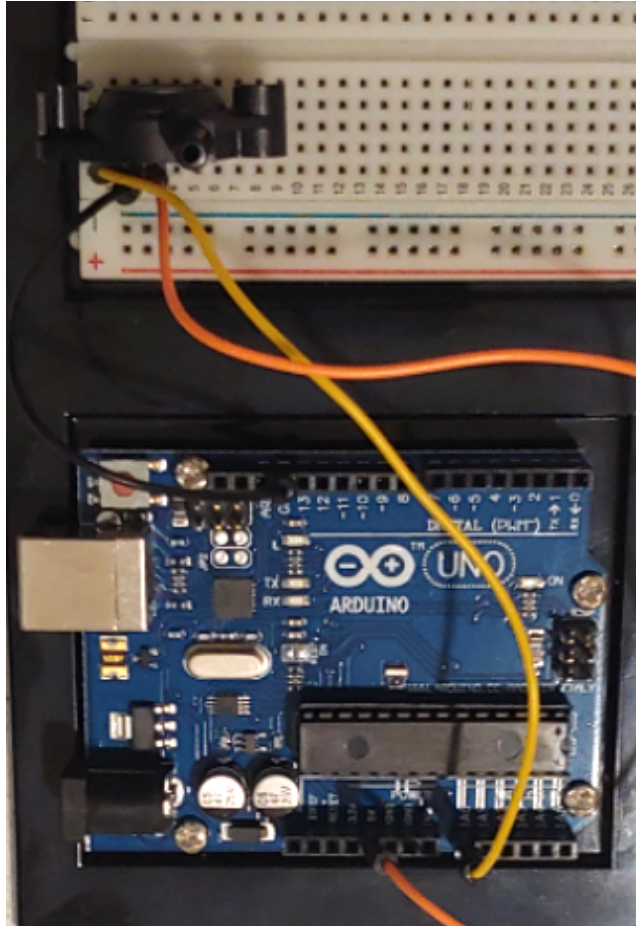
2. Indiquer le nom des élèves ainsi que la longueur du tuyau flexible puis utiliser le dispositif pour compléter les deux premières lignes du tableau suivant :

V (en mL)							
P (en hPa)							
1/V (en mL ⁻¹)							
PV (en dL · Pa)							

3. Le nombre de molécules de gaz compris dans le volume mesuré varie-t-il durant l'expérience ? Même question concernant la distance entre les molécules.
4. Comparer la représentation de P en fonction de V à celle de P en fonction de 1/V. Une seule correspond à une fonction linéaire. Laquelle ? Justifier.
5. En déduire que le produit PV est constant.
6. Justifier l'unité du produit PV.
7. Compléter le tableau ci-dessus (une précision de 3 chiffres significatifs est suffisante) et calculer la valeur moyenne de PV à l'aide des instructions suivantes à saisir dans la console Python (le bouton « Quitter » permet de retourner à la console):
 - `print(pression)`
 - `print(volume)`
 - `print(inversevolume)`
 - `PV = [pression[i]*volume[i] for i in range(7)]`
 - `print(PV)`
8. Calculer la moyenne du produit PV à l'aide des instructions suivantes :
 - `moyenne = sum(PV)/7`
 - `print(moyenne)`
9. L'instruction suivante, où « `abs()` » est la fonction valeur absolue, permet d'obtenir l'écart relatif avec la valeur moyenne pour chacune des mesures :
 - `ecart = [abs(PV[i]-moyenne)/moyenne for i in range(7)]`
10. Corriger l'instruction précédente pour obtenir la liste de tous les écarts relatifs exprimés en pourcentages.
11. Puis afficher l'écart relatif le plus important à l'aide de l'instruction :
 - `max(ecart)`
12. Peut-on considérer que la loi de Mariotte ($P \times V = \text{Constante}$) a été vérifiée ?

13. Validation : Quel serait la pression de l'air si la seringue permettait d'obtenir un volume de 100mL ?

Pour le labo (réalisation d'un pressiomètre) 13/04/2025



- Placer le capteur de pression sur la platine de développement
- Hors tension (c. à d sans câble USB) :
 - Relier la masse GND de l'Arduino à la broche 2 du capteur par un fil noir.
 - Relier la borne POWER 5V de l'Arduino à la broche 3 du capteur par un fil rouge.
 - Relier la borne ANALOG IN A0 à la broche 1 du capteur par un fil ni noir ni rouge.
 - Relier l'embout au sommet du capteur à une seringue de 60 mL par un tube flexible.
- Relier l'ordinateur à la carte Arduino avec le câble USB
- Ouvrir pressiometreMPX5700AP.ino avec le logiciel Arduino
- Vérifier que Arduino Uno est sélectionné dans Outils > Type de carte
- Vérifier le port USB dans Outils > Port
- Téléverser le programme dans le microcontrôleur
- Afficher les données du pressiomètre : Outils > Moniteur série ou bien Outils > Traceur série.
- Fermer le logiciel Arduino

S'assurer que pyserial est installé sur Anaconda avant d'utiliser LoideMariotte.py

S'assurer que le numéro du port est le bon (instruction située vers la ligne 35) :
`portserie = serial.Serial("COM5", 9600) # windows`