SAFE-M-PH

Version 1.0

SAFE-M

juin 30, 2025

Contents:

1	Insta	allation	3
	1.1	Emplacement du programme	3
	1.2	Charger le répertoire	3
	1.3	Mise en place du pH mètre	3
	1.4	Démarrage du programme	4
	1.5	Ajout d'un nouveau pH-mètre au programme	5
2	Calil	bration du pH mètre	9
	2.1	Préparation	9
	2.2	Procédure	9
3	Mesi	ures du pH	17
	3.1	•	17
	3.2		17
	3.3	Mesures d'Alcalinité	19
4	Repi	résentation graphique des données	21
5	Docu	umentation des fonctions	23
In	dex de	es modules Python	27
In	dex		29







- Ce programme permet de contrôler un ph-mètre arduino équipé d'une sonde de température PT100.
- Il résulte d'un travail collectif effectué par des étudiants de Licence 3 de l'Institut de physique du globe de Paris.
- Il est distribué sous la licence créative common CC-by-SA 4.0

— Pour le citer :

Chardon, T., Gauthier-Brouard, T., Lu, C., Palmieri, C., de Singly, V., Lumembe, O., Métivier, F., Baugas-Villers, O., Bijon, V., Charles-Nicolas, A., Chin, C., Fossaert, H., Hallé, S., Henry-Gonzalez, M., Le Liorzou, C., Leroy, L., Marchaland Le Bihan, S., Monti, V., Pasquet, T., Perrenx, L., Poirier, M., Sauvage, D., Sookwhan, N., & Thommy, G. (2024). SAFE-M-PH Un pH-mètre low cost pour l'enseignement [Computer software].

Contents: 1

2 Contents:

CHAPITRE 1

Installation

1.1 Emplacement du programme

La première étape consiste à installer le programme permettant d'utiliser le pH mètre. Ce programme est en accès libre sur le site internet GitHub sur le compte fmetivier.

https://github.com/fmetivier/pH_meter_V2.0

1.2 Charger le répertoire

Afin d'utiliser le programme vous avez besoin de charger le répertoire dans lequel il se trouve. Ce répertoire contient l'ensemble des codes et dossiers nécessaires à la bonne utilisation des pH mètres.

Vous pouvez cloner le répertoire en saisissant directement dans le terminal la commande :

git clone https://github.com/SAFE-M/SAFE-M-PH.git



1 Note

Attention, avant d'importer le programme vérifiez bien que vous vous situez dans votre répertoire de travail.

1.3 Mise en place du pH mètre

Avant de lancer le programme, branchez le pH-mètre avec le cable d'alimentation à un des ports USB de l'ordinateur. Branchez ensuite la sonde pH sur le boitier du pH-mètre. Devissez le capuchon de la sonde, rincez la avec de l'eau distillée ou de l'eau claire si vous n'avez pas d'eau distillée à votre disposition. Séchez délicatement puis plongez le pH-mètre dans la solution à mesurer.

1.4 Démarrage du programme

Vous êtes maintenant prêt à faire fonctionner le pH-mètre. Vous devez avoir un dossier nommé pH_meter_V2.0, qui contient :

Programme pH mètre_V2.py:

Il s'agit du programme principal permettant d'intéragir avec le pH-mètre au travers d'un interface dans le terminal.

lib_pH.py:

Ce code contient l'ensemble des fonctions nécessaire au fonctionnement du programme principal.

DATA:

Ces dans ce dossier que vont être enregistrées les données acquisent lors des mesures de pH.

CALIB:

Ce dossier contient les données de toutes les calibrations du pH mètre effectuées, ce qui permet notamment de les réutiliser.

FIGURES:

Comme son nom l'indique, ce dossier regroupe l'ensemble des graphique permettant de visualiser les données mesurées et de suivre l'évolution du pH des solutions analysées.

send_ph_T_Uno:

Ce dossier contient le script à charger sur la carte Arduino permettant de communiquer les données de voltage et de température, mesurées par les sondes, à l'ordinateur.

Fritzing:

Contient une image représentant l'agencement et le branchement des différents composants du pH mètre.

compare pv

Ce programme permet d'évaluer la précision et fiabilité des pH-mètres construits à partir de carte Arduino par rapport à un pH mètre de laboratoire Hanna.

__pycache__:

Ce répertoire automatiquement créé par Python stocke les fichiers compilés des modules Python utilisés.

Mauel_d_utilisation_pH_metre.pdf:

Cours manuel explicitant l'utilisation du pH mètre.

CITATION.cff:

Métadonnées à utiliser pour citer cd logiciel si vous souhaités l'utiliser.

README.md:

Documentation du pH mètre.

Essayons de lancer le programme pour voir comment celui-ci fonctionne. Saisissez simplement :

```
# A l'intérieur du dossier pH_meter_V2/
python3 'Programme pH mètre_V2.py'
```

Cela devrait lancer le programme dans le terminal et vous dire que vous que la connexion avec l'Arduino est établie, vous donner les paramètres de régression de la calibration par défaut du pH mètre ainsi qu'une figure de la courbe de calibration. De plus le programme affiche l'interface du MENU PRINCIPAL.

Vous devriez obtenir:

4

```
-> python3 'Programme pH mètre_V2.py'
Connexion établie avec le port /dev/ttyACM0
pH-mètre connecté au port /dev/ttyACM0
Les paramètres a et b de notre regression linéaire sont [0.01323408 2.15989141]
Pour un voltage de 600 le pH prédit est de 10.10033889796552
0.99985
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

Avertissement

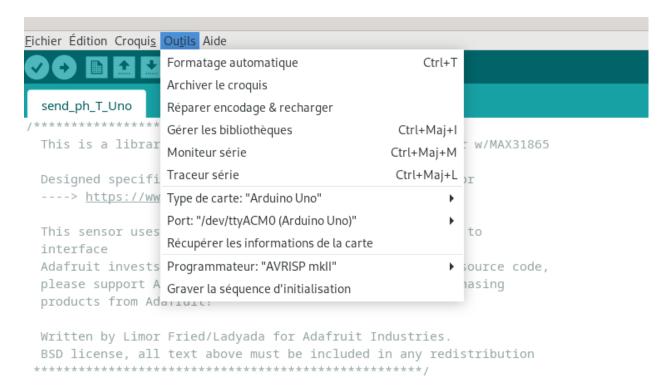
Si le pH mètre n'est pas correctement branché à l'ordinateur ou que l'Arduino ne parvient à se connecter au port d'accès un message d'erreur devrait apparaître de la forme :

```
-> python3 'Programme pH mètre_V2.py'
/!\ Port de connexion non détecté. Merci de rétablir la connexion non établie :

→connexion au processeur dans les réglages avant utilisation.
Attention aucun arduino disponible
```

1.5 Ajout d'un nouveau pH-mètre au programme

Si le programme ne parvient pas à se connecter avec un nouveau pH-mètre cela peut être du au fait qu'il n'est pas encore enregistré dans la liste des connexions disponibles. Pour y remédier ouvrez le logiciel Arduino présent sur votre ordinateur. Une fois la fenêtre ouverte assurez vous que le pH-mètre est bien branché à un port USB de votre oridnateur. En haut à gauche de la fenêtre, allez dans l'onglet Outils et selectionnez l'option Récupérer les informations de la carte.



En cliquant sur cette option une seconde fenêtre devrait apparaître au centre de votre écran, intitulée Information de la carte. Copiez le code SN.



Dans le repertoire pH_meter_V2.0 contenant l'ensemble des fichiers nécessaires au fonctionnement du programme, ouvrez dans un éditeur de texte, par exemple **gedit**, le fichier lib_pH.py. Dans ce fichier, juste après l'entête # ACCES ARDUINO, vous allez pouvoir modifier la fonction port_connexion:

```
def port_connexion(br = 9600 , portIN = '') :
    """
Établit la connexion au port série.

Parameters
------
br : int
    Flux de données en baud.

(suite sur la page suivante)
```

(suite de la page précédente)

```
portIN : string
         Identifiant du port série sur lequel le script doit lire des données.
Returns
port : string
        Identifiant du port série sur lequel le script doit lire des données.
s : serial.tools.list_ports_common.ListPortInfo / string
         Objet Serial sur lequel on peut appliquer des fonctions d'ouverture, de lecture et de le d
 →fermeture du port série affilié. En cas d'échec de connexion, 's' sera une chaîne de
 →caractères "erreur".
arduino_list=['7513931383135150F0D1','85035323234351504260','85035323234351E09062',
 - '75439313737351402252', '8503532323435130F142', '75330303934351B05162']
if portIN == '' :
         ports = list(serial.tools.list_ports.comports())
         ports = [portIN]
i = 0
conn = False
while conn == False :
         try:
                   port = ports[i]
                   if portIN == '' and (port.manufacturer == 'Arduino (www.arduino.cc)' or port.
 →serial_number in arduino_list ):
                             port = port.device
                             port = (port).replace('cu','tty')
                             s = serial.Serial(port=port, baudrate=br, timeout=5)
                             conn = True
                             print('Connexion établie avec le port', port)
                   else :
                             s = serial.Serial(port=port, baudrate=br, timeout=5)
                             conn = True
                             print('Connexion établie avec le port', port)
         except:
                   i += 1
                   if i >= len(ports) :
                             print("/!\ Port de connexion non détecté. Merci de rétablir la connexion non...
 →établie : connexion au processeur dans les réglages avant utilisation.")
                             s = 'error'
                             portIN = ''
                             conn = True
                   pass
return port , s
```

Dans cette fonction, ajouter à la liste arduino_list le code SN du nouveau pH-mètre :

```
lib_pH.py
                                                                              Enregistrer
 Ouvrir
            \oplus
                                    ~/Documents/Madagascar/pH_meter_V2.01
61 # ACCES ARDUINO
62 #
64
65
66 def port_connexion(br = 9600 , portIN = '') :
67
68
      Établit la connexion au port série.
69
70
     Parameters
71
     br : int
72
73
         Flux de données en baud.
74
      portIN : string
75
         Identifiant du port série sur lequel le script doit lire des données.
76
77
     Returns
78
      port : string
79
         Identifiant du port série sur lequel le script doit lire des données.
80
81
      s : serial.tools.list_ports_common.ListPortInfo / string
         Objet Serial sur lequel on peut appliquer des fonctions d'ouverture, de lecture et de
  fermeture du port série affilié. En cas d'échec de connexion, 's' sera une chaîne de caractères
  "erreur".
83
      ....
84
85
86
  arduino_list=['7513931383135150F0D1','85035323234351504260','85035323234351E09062','75439313737351
87
88
      if portIN == '' :
         ports = list(serial.tools.list_ports.comports())
89
90
      else :
91
         ports = [portIN]
```

Sauvegardez les modifications et relancez le programme. Le pH-mètre devrait maintenant correctement se connecter. Le programme est désormais lancé et le pH-mètre prêt à être utilisé.

1.5.1 La suite

Il est maintenant temps de passer aux étapes suivantes :

Calibration du pH mètre

Mesures du pH

Représentation graphique des données

Calibration du pH mètre

Pour une meilleure exactitude, un étalonnage fréquent de l'instrument est recommandé. Un étalonnage est indispensable dans les cas suivants :

- L'électrode a été remplacée
- Au moins une fois par mois
- Après avoir mesuré des produits chimiques agressifs
- Lorsqu'une grande exactitude est requise

2.1 Préparation

Versez une petite quantité de solution **pH 7,00** et **pH 4,00** dans deux récipients propres. Pour une meilleure exactitude, il est conseillé de prendre deux récipients par solution, un récipient pour le rinçage et un autre pour l'étalonnage à proprement dit. Le choix des solutions étalons se fait selon l'utilisation, soit **pH 7,00** et **pH 4,00** dans le cas d'une calibration à deux tampons et **pH 10,00**, **pH 7,00** et **pH 4,00** dans le cas d'une calibration à trois tampons.

2.2 Procédure

2.2.1 Calibration à deux solutions tampons

Ôtez le capuchon de protection en bout de la sonde pH, **rincez** celle-ci avec de l'eau distillée puis immergez l'électrode dans une solution **pH 7,00**; agitez délicatement pendant quelques secondes; immergez la sonde de température et **attendez 2 à 3 minutes** pour avoir un équilibre thermique correct.

Choisissez dans le menu interface l'option Calibrer en appuyant sur le chiffre 1 et en validant avec la touche Entrée :

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

Sélectionnez ensuite l'option Calibrer avec deux tampons de la même façon. Validez une seconde fois lorsque vous serez prêt à mesurer le tampon à **pH 7,00**. Le programme vous demandera alors de patienter **une minute** le temps que la sonde pH se stabilise puis effectuera **100 mesures** pour une durée approximative de **deux minutes**.

Une fois les mesures à pH 7,00 effectuées, rincez la sonde pH avec de l'eau distillée.

Plongez l'électrode dans la solution **pH 4,00** et attendez quelques minutes pour la stabilisation de la mesure. Une fois prêt à mesurer le tampon à pH 4,00, appuyez sur la touche **Entrée** pour initier les mesures. Comme plus tôt, le programme vous demandera alors de patienter **1 minute** le temps que la sonde pH se stabilise puis effectuera ses **100 mesures**.

Une fois les mesures effectuées, le programme vous demandera :

```
'Voulez-vous visualiser la calibration (O/N) ?'
```

En répondant 0, o, Y ou y, vous obtiendrez alors la courbe d'étalonnage de la calibration que vous venez d'effectuer, ses paramètres et le coefficient de corrélation. L'étalonnage est alors terminé, vous pouvez passer à vos *Mesures du pH*.

Si le programme juge que la calibration n'est pas satisfaisante (**R2 < 0.95**), il vous sera proposé de recalibrer votre pH-mètre. Si vous souhaitez recalibrer le pH-mètre, choisissez l'option 1. Si vous souhaitez continuer ainsi et commencer à mesurer, choisissez l'option 2.

2.2.2 Calibration à trois solution tampons

Si vous souhaitez calibrer votre pH-mètre avec **3 solutions tampons** la procédure est la même mais il vous faudra continuer avec la solution **pH 10,00**. Pour cela, choisissez dans l'interface MENU CALIBRATION l'option 2 - Calibrer avec trois tampons:

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
-> 2
Quel est le pH de la troisième solution que vous souhaitez utilisez ? ( 9 / 10 / 11)
-> 10
Prêt pour calibration pH7 ?
Patientez 1 min le temps que la sonde se stabilise
Les mesures commencent
La température relevée est de 25.91732608695652
Prêt pour calibration pH4 ?
Patientez 1 min le temps que la sonde se stabilise
Les mesures commencent
La température relevée est de 25.974727592267133
Prêt pour calibration pH10 ?
Patientez 1 min le temps que la sonde se stabilise
Les mesures commencent
La température relevée est de 26.36460258780037
Les paramètres a et b de notre regression linéaire sont [-2.91457992e-02 3.09806410e+01]
('r2 =', 0.9974)
Voulez-vous visualiser la calibration (O/N) ?
```

Les données de la calibration effectuée sont enregistrées dans le dossier CALIB.

1 Note

Si vous ne possédez pas de solution tampon pH 10 la calibration à 3 solutions est aussi possible avec des pH 9 et pH 11. Le programme vous demande pour cela :

Quel est le pH de la troisième solution que vous souhaitez utilisez ? (9 / 10 / 11)

Il suffit alors de renseigner la valeur pH de la troisième solution tampon utilisée et la procédure est la même que décrite plus haut.

2.2. Procédure 11

2.2.3 Calibration à partir de données enregistrées

Il est aussi possible de calibrer votre pH-mètre à partir de données de précédentes calibrations déja répertoriées dans le dossier CALIB. Pour cela, choisissez dans le MENU CALIBRATION l'option 3 - Calibration à partir d'une calibration déjà exitante dans le répertoire. Une liste de fichier vous est proposée de la forme :

```
MENU CALIBRATION
_____
Voulez - vous :
1 - Calibrer avec deux tampons (pH 7 et 4) ?
2 - Calibrer avec trois tampons (pH 7, 4 et 10) ?
3 - Calibrer à partir d'une calibration déjà existante dans le répertoire
4 - Quitter le menu calibration et retourner au menu principal
______
-> 3
Cette option n'est possible que pour des calibrations à 3 solutions, quel est le pH de.
→la troisième solution de la calibration que vous souhaitez utilisez ? ( 9 / 10 / 11)
-> 10
Calibrations disponibles:
0 - ./CALIB/fichier_calibration_pH10.0 Mon Jun 23 11:46:13 2025.csv
Choisissez votre calibration en entrant son numéro d'ordre:
-> 0
Mon Jun 23 11:46:13 2025
./CALIB/fichier_calibration_pH4.01 Mon Jun 23 11:46:13 2025.csv
./CALIB/fichier_calibration_pH7.01 Mon Jun 23 11:46:13 2025.csv
./CALIB/fichier_calibration_pH10.0 Mon Jun 23 11:46:13 2025.csv
Les paramètres a et b de notre regression linéaire sont [-2.91457992e-02 3.09806410e+01]
('r2 =', 0.9974)
```

Il suffit alors de renseigner le numéro d'ordre des données que vous souhaitez utiliser et valider avec la touche Entrée.

Note

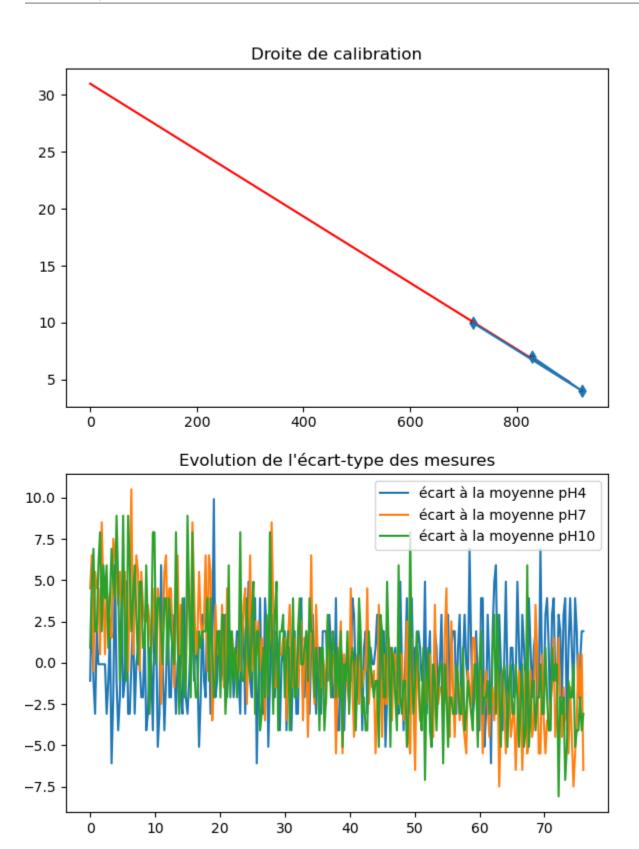
Le fichier à sélectionner est de la forme ./CALIB/fichier_calibration_pH10.00 Day Month H_min_sec Year.csv mais implicitement ceux correspondant à la même calibration pour les **pH 4.00** et **7.00** vont aussi être utilisé. Notez que si la calibration que vos souhaitez retrouver n'utilisait pas de solutions pH 10 mais pH 9 ou pH 11 le programme vous demande avant de lister les fichiers :

Il vous suffit d'indiquer le pH de la troisième solution, tout les fichiers de calibration utilisant la solution au pH indiqué vont être listés. Une fois une calibration sélectionnée les fichiers correspondant à la même calibration pour

les pH 4.00 et 7.00 le seront aussi implicitement.

Une fois le fichier renseigné la calibration sera effectuée, la droite de la calibration choisie apparaitra à l'écran ainsi que la courbe de l'évolution de l'écart-type des mesures au cours du temps.

2.2. Procédure



Vous pouvez maintenant effectuer vos Mesures du pH.

A Avertissement

Assurez-vous que les fichiers que vous renseignez correspondent au format demandé : un fichier csv, avec pour chaque ligne les informations temps(s); température(°C); voltage(mV) :

```
0.00; 23.27; 180.00

0.25; 23.33; 180.00

0.51; 23.33; 180.00

0.76; 23.33; 180.00

1.02; 23.37; 180.00

1.27; 23.40; 180.00

1.52; 23.43; 180.00

1.78; 23.43; 179.00

2.03; 23.47; 180.00

...
```

Par défaut cela correspond au format des données de Mesures du pH.

2.2. Procédure 15

CHAPITRE 3

Mesures du pH

Avertissement

Il est important que la solution à mesurer soit dans les mêmes conditions de pression mais surtout de température que les solutions tampons lors de la calibration, puisque la correction du pH en fonction de la température s'effectue pendant la calibration. Si la température de votre solution évolue au cours du temps une nouvelle calibration est nécessaire.

3.1 Préparation

Après avoir oté le capuchon de protection, plongez la sonde pH ainsi que la sonde de température dans la solution à mesurer. Agitez l'électrode pendant quelques secondes puis stabilisez-la.

Sélectionnez dans le MENU PRINCIPAL l'option 2 - Mesurer en appuyant sur la touche 2 de votre clavier puis valider avec la touche Entrée. Le programme vous demande alors si vous êtes prêt à initier les mesures, appuyez sur Entrée lorsque vous le serez.



1 Note

Pour avoir des mesures précises, il est nécessaire que l'instrument ait été étalonné au préalable. Si les mesures sont effectuées dans des échantillons successifs, il est recommandé de rincer l'électrode entre chaque échantillon, afin de ne pas contaminer les échantillons entre-eux.

3.2 Prise de mesure

Une fois l'opération lancée, 10 valeurs de pH sont mesurées, pour ces 10 valeurs le programme va afficher le temps (en secondes) de la prise mesure par rapport à l'initiation des mesures, la température moyenne et l'écart-type des mesures de température, le voltage moyen, l'écart-type des mesures de voltage, le pH moyen mesuré, l'écart-type des mesures de pH et enfin une valeur de la stabilité :

```
MENU PRINCIPAL
Que souhaitez-vous faire ?
1 - Calibrer
2 - Mesurer
3 - Représenter graphiquement
4 - Quitter
-> 2
Prêt à mesurer ?
Les mesures commencent
Temps: 0.00
Température: 25.54 +/- 0.02
Voltage: 760.00 +/- 2.86
PH: 8.83 +/- 0.08
Stabilité: 2.14
Temps: 2.65
Température: 25.55 + /- 0.02
Voltage: 761.64 +/- 1.67
PH: 8.78 +/- 0.05
Stabilité: 2.94
```

La stabilité est un coefficient qui représente l'ecart entre 10 valeurs de pH mesurées et les 10 valeurs mesurées précedentes. La mesure de la sonde est considérée comme stabilisée lorque que le coeffcient de stabilité est proche de zéro. Tant que la valeur du coeffcient de stabilité n'est pas satisfaisante le programme continue d'effectuer des mesures.

Une fois une stabilité satisfaisante atteinte, le programme arrête ses mesures et demande à l'utilisateur s'il souhaite continuer ou non la prise de mesures. L'utilisateur a alors le choix de poursuivre les mesures en répondant par 0, o, Y ou y. Le programme effectue alors 20 mesures supplémentaires avant de reproposer de continuer ou non.

Si l'utilisateur juge que le nombre de mesures est suffisant et souhaite s'arrêter là, il répond alors à la question posée avec N ou n. Le programme propose alors à l'utilisateur s'il souhaite voir la Représentation graphique des données qu'il vient de mesurer. L'ensemble des mesures est enregistré dans un fichier csv de la forme fichier mesure Day Month H_min_sec Year.csv dans le dossier DATA.

Avertissement

Si vous souhaitez enregistrer l'évolution des valeurs de pH de vos données en fonction du temps référez-vous maintenant à la prochaine étape :

Représentation graphique des données

3.3 Mesures d'Alcalinité

Si vous souhaitez utilisez ces pH mètre pour une mesure d'alcalinité la procédure est la même mais poursuivez les mesures jusqu'à la fin de votre titrage avec l'option

```
Continuer les mesures (O/N) ?
-> N
```

Le titrage peut être considéré comme terminé une fois la valeur seuil de pH atteinte à pH 3.7.

Assurez vous que la mesure de pH soit bien stabilisée avant d'ajouter un nouvel incrément de HCl.

La représentation graphique de vos mesure aux termes du titrage ainsi que le fichier contenant les données mesurées, enregistré dans le dossier DATA, vous permettront de déterminer l'alcalinité à partir des méthodes de **Gran** et de **Culberson**.

CHAPITRE 4

Représentation graphique des données

A Avertissement

Que ce soit à l'issue de votre prise de vos *Mesures du pH* ou pour des données plus anciennes, lorsque ce vous souhaitez enregistrer votre figure, ne fermer la fenêtre affichée par le programme la contenant qu'une fois avoir sélectionné l'option d'enregistrement :

Sauver (0/N) ?

-> 0

Sinon vous n'enregistrerez qu'une page blanche.

Ce programme permet de représenter et d'enregistrer graphiquement les mesures effectuées juste à l'instant ou lors de prises de mesures plus anciennes. Selectionnez pour cela l'option 3 - Représenter graphiquement dans le MENU PRINCIPAL.

Le programme vous affichera la liste des données de mesures disponibles dans le dossier DATA :

MENU PRINCIPAL				
Que souhaitez-vous faire ? 1 - Calibrer 2 - Mesurer 3 - Représenter graphiquement 4 - Quitter				
?				

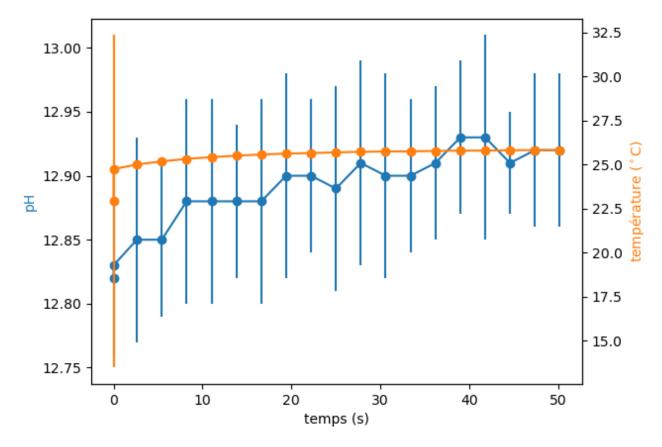
(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
fichiers disponibles:

0 - ./DATA/fichier_mesure Thu Jun 6 12_58_56 2024.csv
1 - ./DATA/fichier_mesure Thu Jun 6 12_03_47 2024.csv
2 - ./DATA/fichier_mesure Thu Jun 6 12_52_02 2024.csv
3 - ./DATA/fichier_mesure Thu Jun 6 12_04_58 2024.csv
4 - ./DATA/fichier_mesure Thu Jun 6 12_14_54 2024.csv
5 - ./DATA/fichier_mesure Fri Jun 28 11_19_49 2024.csv
6 - ./DATA/fichier_mesure Fri Jun 28 11_27_36 2024.csv
7 - ./DATA/fichier_mesure Thu Jun 6 12_46_56 2024.csv
8 - ./DATA/fichier_mesure Fri Jun 28 11_21_37 2024.csv
```

Il suffit alors de renseigner le numéro d'ordre des données que vous souhaitez utiliser et valider avec la touche Entrée.



Le graphique de vos données va s'afficher. Le programme va alors vous demander :

```
Sauver (O/N) ?
```

Il est possible si vous le souhaitez d'enregistrer le graphique obtenu dans le dossier FIGURES, il vous suffit alors de répondre avec les touches 0, o, Y ou y. Le fichier sera alors enregistré au format pdf dans le dossier FIGURES.

CHAPITRE 5

Documentation des fonctions

Created on Wed May 22 16:09:59 2024

@author ori: Clathi

lib_pH.Calibration(calib3, buffer_value, buffers=[7, 4], n=200, port_test=")

Calibre la sonde pH pour 2 et 3 tampons (7, 4 et 10) en 100 mesures. Corrige les valeurs obtenues en fonction de la température.

Paramètres

- **buffers** (list, liste) DESCRIPTION. The default is [7, 4].
- **n** (int, nombre de mesures) DESCRIPTION. The default is 100.

Renvoie

model – DESCRIPTION. Les paramètres a et b de la courbe de calibration, a correspond au coefficient directeur et b à l'ordonnée à l'origine.

Type renvoyé

list, liste

lib_pH.Calibration_existante(buffer_existant)

Calibre la sonde pH pour 3 tampons (7, 4 et 10) à partir d'une calibration déjà existante, et présente dans le même répertoire que ce programme.

Renvoie

model – DESCRIPTION. Les paramètres a et b de la courbe de calibration, a correspond au coefficient directeur et b à l'ordonnée à l'origine.

Type renvoyé

list, liste

lib_pH.default_Calibration()

Calibration par défaut de la sonde pH, effectuée en laboratoire.

Renvoie

model – DESCRIPTION. Les paramètres a et b de la courbe de calibration par défaut, a correspond au coefficient directeur et b à l'ordonnée à l'origine.

Type renvoyé

list, liste

lib_pH.fn_settings(portIN, s, br, nb_inter, time_inter)

Configuration des paramètres modifiables par l'utilisateur.

Paramètres

- **portIN** (*string*) Identifiant du port série sur lequel le script doit lire des données.
- **s** (*serial.tools.list_ports_common.ListPortInfo*) Objet Serial sur lequel on peut appliquer des fonctions d'ouverture, de lecture et de fermeture du port série affilié.
- **br** (*int*) Flux de données en baud.
- **nb_inter** (*int*) Nombre de valeurs utilisées pour constituer une mesure (une mesure correspond à la moyenne de toutes les valeurs prélevées).
- **time_inter** (*float*) Temps d'intervalle entre chaque prélèvement de valeur au sein d'une mesure.

Renvoie

- **portIN** (string) Identifiant du port série sur lequel le script doit lire des données.
- **s** (*serial.tools.list_ports_common.ListPortInfo*) Objet Serial sur lequel on peut appliquer des fonctions d'ouverture, de lecture et de fermeture du port série affilié.
- **br** (*int*) Flux de données en baud.
- **nb_inter** (*int*) Nombre de valeurs utilisées pour constituer une mesure (une mesure correspond à la moyenne de toutes les valeurs prélevées).
- **time_inter** (*float*) Temps d'intervalle entre chaque prélèvement de valeur au sein d'une mesure.

lib_pH.graph()

Fait un graphique ph = f(t) et T = f(t) avec barres d'erreurs à partir d'un fichier de mesures sélectionné dans le dossier ./DATA

propose la sauvegarde du fichier dans le dossier ./FIGURES au format pdf

lib_pH.indiv_measure(port_test, model, n=10)

```
_summary_
```

Paramètres

```
— model (_type_) - _description_
— n (int, optional) - description , by default 10
```

Type renvoyé

tuple contenant les moyennes et écart types de température, voltage et ph de la solution

lib_pH.measure(model, n stab=20, port test=", n=10)

Mesure le pH en se basant sur une calibration et renvoie l'évolution des écart-type au cours du temps. effectue n mesure individuelles

Paramètres

- **model** (*1ist*, *1iste*) Calibration utilisée. Par défaut les paramètres de courbe de calibration est a = 75.55116667 et b = -163.1275.
- ${\bf n}$ (int, nombre d'acquisitions pour une mesure) DESCRIPTION. The default is 10.
- n_stab(int, nombre de mesures utilisées dans le calcul de stabilité)
- "" (port_test =)
- string
- ouvert (port com)

$lib_pH.measurement(a, b, nb inter, time inter, s)$

Mesure unique ou en série et enregistrement éventuel des données.

Paramètres

- **a** (*float*) Pente de régression linéaire entre pH et voltage mesuré.
- **b** (*float*) Ordonnée à l'origine de régression linéaire entre pH et voltage mesuré.

- **nb_inter** (*int*) Nombre de valeurs utilisées pour constituer une mesure (une mesure correspond à la moyenne de toutes les valeurs prélevées).
- **time_inter** (*float*) Temps d'intervalle entre chaque prélèvement de valeur au sein d'une mesure.
- **s** (*serial.tools.list_ports_common.ListPortInfo*) Objet Serial sur lequel on peut appliquer des fonctions d'ouverture, de lecture et de fermeture du port série affilié.

Type renvoyé

None.

lib_pH.pH_sensor(nb_inter, time_inter, s)

Mesure du voltage du pH-mètre et de la température.

Paramètres

- **nb_inter** (*int*) Nombre de valeurs utilisées pour constituer une mesure (une mesure correspond à la moyenne de toutes les valeurs prélevées).
- **time_inter** (*float*) Temps d'intervalle entre chaque prélèvement de valeur au sein d'une mesure.
- **s** (serial.tools.list_ports_common.ListPortInfo) Objet Serial sur lequel on peut appliquer des fonctions d'ouverture, de lecture et de fermeture du port série affilié.

Renvoie

- **list_pH** (*list*) valeurs de voltages liées au pH et utilisées pour une mesure.
- **list_temperatures** (*list*) valeurs de températures utilisées pour une mesure.

lib_pH.pH_temp_adjust(pH, temp)

Ajustement du pH étalon en fonction de la température par interpolation linéaire.

Paramètres

- **pH** (*int*) pH de la solution étalon.
- **temp** (*float*) température mesurée de la solution.

Renvoie

pH_adjusted – pH interpolé en fonction de correspondances entre pH et températures connues.

Type renvoyé

float

lib_pH.plot_calib(voltage_values, buffers, errorbuffers_values, errorvoltage_values, t, EM4, EM7, EM10, predict, equation, R2)

Représentation graphique des calibrations

Paramètres

- **voltage_values** (_type_) valeurs de voltages de l'arduino
- **buffers** (_type_) valeurs des tampons
- **errorbuffers_values** (_type_) incertitudes sur les tampons
- **errorvoltage_values** (_type_) incertitude sur les voltages
- **t** (_type_) temps
- EM4 (_type_) _description_
- EM7 (_type_) _description_
- EM10 (_type_) _description_
- **predict** (_type_) fonction de prédiction pH=f(V)
- **equation** (_type_) equation de la calibration
- **R2** (_type_) R2 de la calibration

$lib_pH.plot_mes(T)$

Représentation graphique des séries de mesures

Paramètres

T (str) – date du fichier

lib_pH.port_connexion(br=9600, portIN=")

Établit la connexion au port série.

Paramètres

- **br** (*int*) Flux de données en baud.
- **portIN** (*string*) Identifiant du port série sur lequel le script doit lire des données.

Renvoie

- **port** (*string*) Identifiant du port série sur lequel le script doit lire des données.
- s (serial.tools.list_ports_common.ListPortInfo/string) Objet Serial sur lequel on peut appliquer des fonctions d'ouverture, de lecture et de fermeture du port série affilié. En cas d'échec de connexion, "s" sera une chaîne de caractères « erreur ».
- genindex
- modindex
- search

Index des modules Python

ı

lib_pH, 23

```
C
Calibration() (dans le module lib_pH), 23
Calibration_existante() (dans le module lib_pH),
        23
D
default_Calibration() (dans le module lib_pH), 23
F
fn_settings() (dans le module lib_pH), 23
G
graph() (dans le module lib_pH), 24
indiv_measure() (dans le module lib_pH), 24
L
lib_pH
    module, 23
Μ
measure() (dans le module lib_pH), 24
measurement() (dans le module lib_pH), 24
module
    lib_pH, 23
Р
pH_sensor() (dans le module lib_pH), 25
pH_temp_adjust() (dans le module lib_pH), 25
plot_calib() (dans le module lib_pH), 25
plot_mes() (dans le module lib_pH), 25
port_connexion() (dans le module lib_pH), 25
```