

Caractéristique électrique d'une pile

1. Introduction

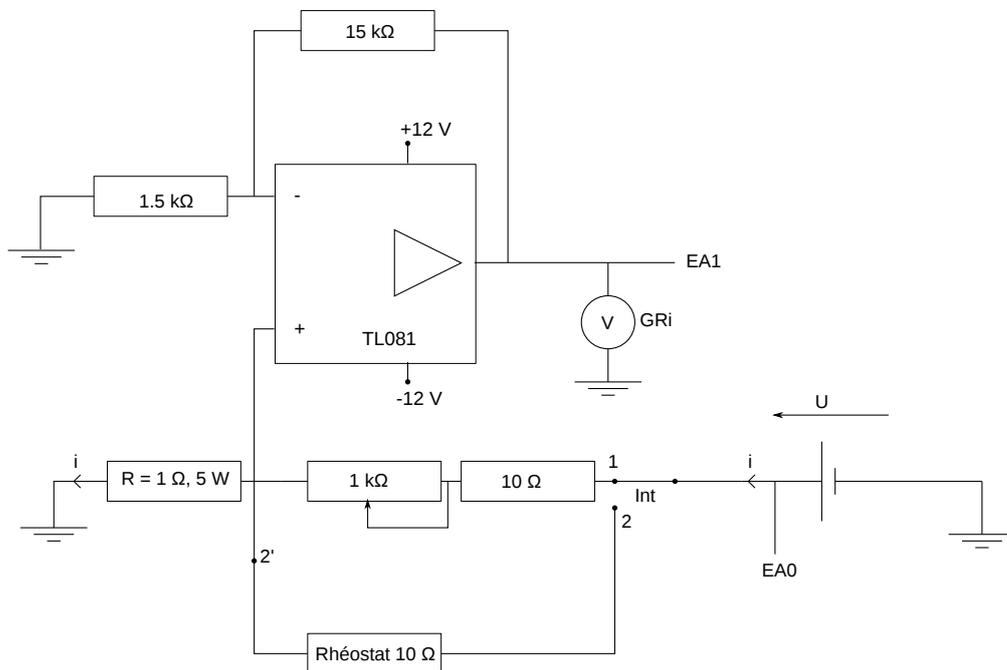
L'objectif est de déterminer la caractéristique courant-tension d'une pile, afin d'en déduire sa force électromotrice et sa résistance interne.

Matériel :

- ▷ Résistance $1\ \Omega$ de puissance $5\ W$.
- ▷ Plaque d'essai et fils.
- ▷ Ampli-op TL081.
- ▷ Rhéostat $10\ \Omega$.
- ▷ Résistances $10\ \Omega$, $1\ k\Omega$ et $10\ k\Omega$.
- ▷ Potentiomètre multitours $1\ k\Omega$ avec tournevis.
- ▷ Multimètre.
- ▷ Porte pile AA.
- ▷ Piles alcalines au format AA.
- ▷ Pile Daniell avec solutions de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc $0,5\ mol/L$.
- ▷ Bêcher de $500\ mL$.
- ▷ Électrodes zinc et fer sur support, solution aqueuse NaCl à $30\ g/L$.

2. Circuit de mesure

Le circuit suivant permet d'obtenir la caractéristique courant-tension d'une pile jusqu'à un courant de $1\ A$.

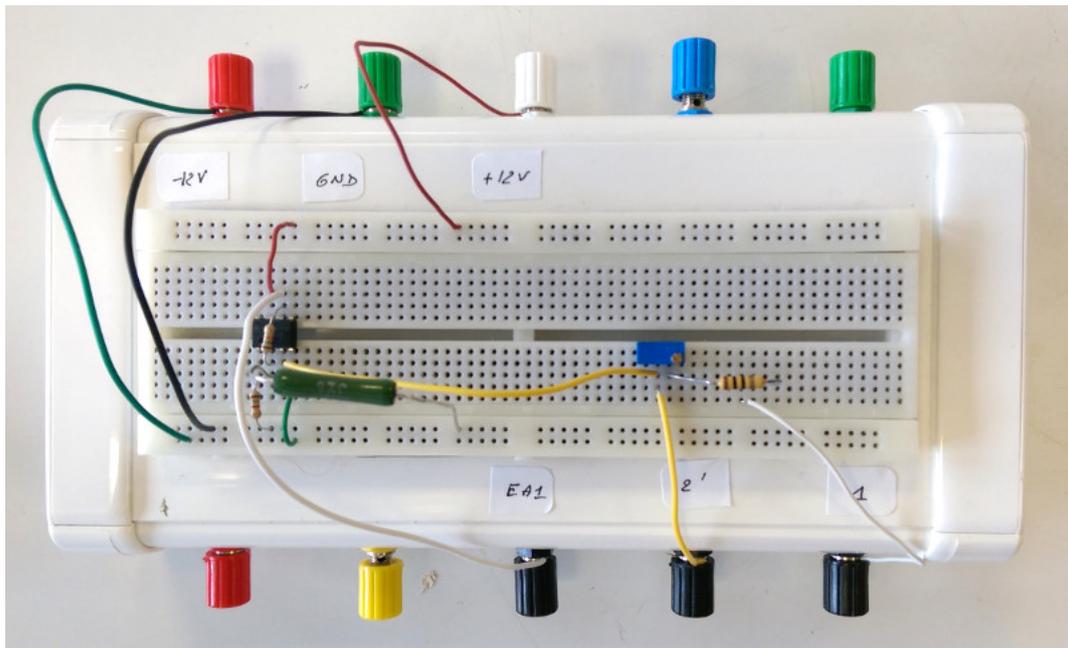


La pile débite un courant i dans une résistance variable, obtenue soit avec un potentiomètre multitours de $1\text{ k}\Omega$, soit un rhéostat de $10\ \Omega$. L'interrupteur (Int) permet de basculer de l'un à l'autre.

Les mesures sont faites avec la carte d'acquisition SysamSP5. L'amplificateur est alimenté avec l'alimentation double $-12/0/+12$ de la carte.

Le courant i traverse aussi une résistance $R = 1\ \Omega$ qui doit supporter un courant de 1 A sous 1 V (résistance de puissance 5 W). L'amplificateur non inverseur multiplie la tension Ri par un gain $G = 11$. La tension aux bornes de la pile est lue sur l'entrée EA0 de la carte d'acquisition. La tension GRi est lue sur l'entrée EA1. Un voltmètre est utilisé pour lire cette tension.

La photographie suivante montre la position des bornes :



Les trois bornes d'alimentation -12 V , GND et $+12\text{ V}$ doivent être reliées aux bornes correspondantes de la carte SysamSP5. La borne EA1 est reliée à l'entrée EA1 de la carte. La borne 2' est reliée à une des bornes du rhéostat, l'autre borne étant reliée à une des bornes de l'interrupteur. La borne 1 est reliée à l'autre borne de l'interrupteur.

Le script suivant permet de faire l'acquisition point par point et enregistre les valeurs dans un fichier :

[courantTensionFile.py](#)

```
import pycan.main as pycan
import numpy

sys = pycan.Sysam("SP5")
sys.config_entrees([0,1],[10.0,10.0])
fe = 10000.0
te = 1.0/fe
ne = 1000
sys.config_echantillon(te*1e6,ne)
R = 1.0 # resistance du convertisseur courant tension
G = 11 # gain de l'ampli
liste_I = []
liste_U = []
while True:
    r = raw_input("Fin [O/N] ?")
    if r=="N" or r=="n":
        break
    sys.acquerir()
    u=sys.entrees()
    u0 = u[0]
    u1 = u[1]/G
    I = u1.mean()/R*1000
    U = u0.mean()
```

```
liste_I.append(I)
liste_U.append(U)
print("U = %f, I (mA) = %f"%(U,I))
sys.fermer()
numpy.savetxt("pile.txt",[liste_U,liste_I])
```

Le potentiomètre est câblé de telle sorte que sa résistance soit augmentée en tournant la vis dans le sens horaire (si on place le circuit comme sur la photo ci-dessus).

Procédure de mesure :

- ▷ Commencer avec le potentiomètre $1\text{ k}\Omega$ à sa valeur maximale, en le vissant complètement. L'intensité du courant est alors de l'ordre du mA.
- ▷ Lancer le script. Appuyer sur Entrée pour déclencher une lecture ou bien N pour terminer.
- ▷ Tourner la vis du potentiomètre pour réduire sa résistance. Contrôler l'intensité avec le voltmètre. Faire une mesure pour chaque tour de vis au début, une mesure tous les demi-tours vers la fin.
- ▷ Lorsque la vis arrive en butée (ne pas forcer), basculer l'interrupteur sur le rhéostat (initialement de résistance $10\ \Omega$). Faire des mesures jusqu'à la valeur minimale du rhéostat.
- ▷ Lorsque les mesures sont terminées, ne pas laisser la pile débiter dans le rhéostat. Basculer à nouveau sur le potentiomètre et replacer celui-ci dans sa position de résistance maximale, en vissant dans le sens horaire.

Pour tracer la caractéristique et faire une régression linéaire, on utilisera le script suivant :

[traceCourantTension.py](#)

```
import numpy
from matplotlib.pyplot import *
from scipy import stats

data = numpy.loadtxt("pile.txt")
U=data[0]
I=data[1]
a,b,r_value,p_value,std_err = stats.linregress(I,U)
figure()
plot(I,U,"o")
plot([0,-b/a],[b,0], 'r')
xlabel("I (mA)")
ylabel("U (V)")
grid()
```

Il faudra compléter ce script pour qu'il affiche la force électromotrice et la résistance interne (en Ohm).

3. Expériences

3.a. Pile alcaline

On relève la caractéristique courant tension d'une pile $Zn - MnO_2$ alcaline de format AA.

Placer la pile dans son support puis relier au circuit de mesure en respectant la polarité.
Obtenir la caractéristique courant-tension et en déduire la force électromotrice et la résistance interne.

3.b. Pile Daniell

La pile Daniell a été inventée en 1836. Comparée à la pile Volta, elle a l'avantage de ne pas comporter de dégagement gazeux et d'être rechargeable, ce qui en fait le premier accumulateur.

La première demi-pile, placée à l'intérieur d'un vase poreux, est constituée d'une électrode de cuivre plongée dans une solution de sulfate de cuivre (SO_4^{2-}, Cu^{2+}) de concentration $0,5 \text{ mol/L}$. La seconde demi-pile, à l'extérieur du vase, est constituée d'une électrode de zinc qui entoure complètement le vase, plongée dans une solution de sulfate de zinc de concentration $0,5 \text{ mol/L}$.

On donne les potentiels standard suivants : $E^0(Zn^{2+}/Zn) = -0,76 \text{ V}$ et $E^0(Cu^{2+}/Cu) = 0,34 \text{ V}$.

Identifier la borne positive puis relier la pile au circuit de mesure.
Obtenir la caractéristique courant-tension et en déduire la force électromotrice et la résistance interne.
Écrire les réactions électrochimiques de la décharge.
Comparer la force électromotrice expérimentale à celle calculée au moyen de la formule de Nernst.
Quels facteurs influencent la résistance interne ?

3.c. Pile zinc-fer

Il s'agit d'une pile de corrosion utilisée pour protéger le fer contre la corrosion, en particulier en milieu marin. L'électrolyte est une solution de $NaCl$ à 30 g/L (concentration de l'eau de mer).

On donne le potentiel standard $E^0(Fe^{2+}/Fe) = -0,44 \text{ V}$.

Identifier la borne positive puis relier la pile au circuit de mesure.
Obtenir la caractéristique courant-tension et en déduire la force électromotrice et la résistance interne.
Écrire les réactions électrochimiques prépondérantes sur chaque électrode. Expliquer en quoi le zinc permet de protéger le fer contre la corrosion.
Comparer la force électromotrice expérimentale à celle calculée au moyen de la formule de Nernst.