

1 Étude expérimentale de piles d'oxydoréduction

1.1 La pile Daniell

La pile Daniell a été inventée par le chimiste britannique John DANIELL en 1836 au moment où le développement du télégraphe faisait apparaître un besoin urgent de sources de courant sûres et constantes.

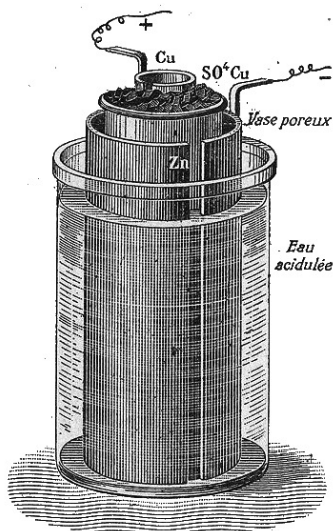


FIG. 1 – Élément Daniell.

La pile électrique Daniell est constituée d'une anode (lame de zinc plongée dans une solution contenant du sulfate de zinc) et d'une cathode (lame de cuivre plongée dans une solution contenant du sulfate de cuivre).

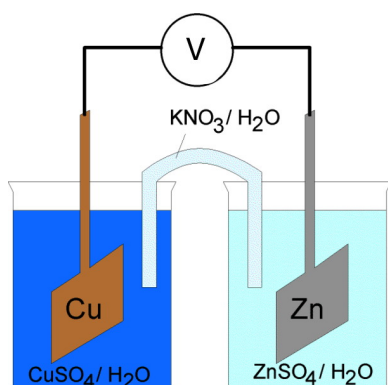


FIG. 2 – Montage expérimental (au 1.3).

Les deux solutions sont reliées par un pont salin (solution de chlorure de potassium $K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ ou de nitrate de potassium $K^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$ qui sert à équilibrer les charges.

1.2 Fabrication d'une pile, mesure de l'intensité débitée

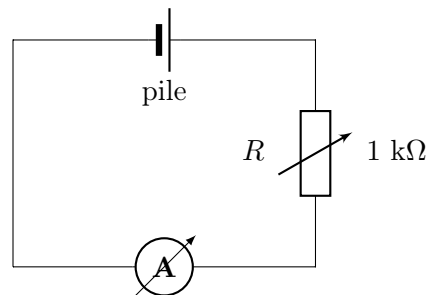
- Décaper les lames.
- Introduire chaque lame, seule, dans sa solution d'ions

correspondante :

- lame de zinc dans la solution de sulfate de zinc ;
- lame de cuivre dans la solution de sulfate de cuivre.

On a ainsi réalisé des demi-piles. Dans chaque demi-pile, la partie métallique constitue une électrode.

- Relier les demi-piles cuivre et zinc par un pont salin, constitué par un tube en U rempli d'un gel au sein duquel des ions (en général potassium K^+ et nitrate NO^-_3) peuvent migrer pour assurer le transport des charges. On peut aussi réaliser le pont salin simplement par une bande de papier-filtre imbibée d'une solution de nitrate de potassium, par exemple. On a ainsi réalisé une pile !
- Réaliser un circuit électrique fermé, comportant en série la pile, un ampèremètre et un conducteur ohmique (résistance réglée sur $R = 1\text{ k}\Omega$).



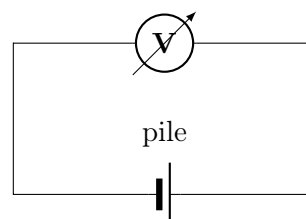
Conseil : réaliser une boucle ou maille comportant, dans l'ordre : la pile ; l'ampèremètre ; la résistance de $1\text{ k}\Omega$. Appel du professeur pour vérifier ce montage.

a. Déduire des indications de l'ampèremètre le sens du courant et le déplacement des électrons dans le circuit extérieur de la pile.

b. Quels sont les porteurs de charge dans les solutions ? Dans le pont salin ?

1.3 Mesure de la tension en circuit ouvert (f. é. m.)

- Brancher directement la pile précédente aux bornes d'un voltmètre.



- Noter la tension et le sens.

c. Sachant qu'un voltmètre numérique présente une résistance d'entrée de $10\text{ M}\Omega$, que peut-on dire de l'intensité qui traverse le circuit pile-voltmètre ?

d. En déduire la tension aux bornes de la pile en circuit ouvert, appelée force électromotrice (f. é. m. pour *force électromotrice*).

1.4 Étude d'autres piles

- Tester les différentes combinaisons possibles entre les différentes demi-piles. À chaque fois, noter la f.é.m. et le sens de cette tension.

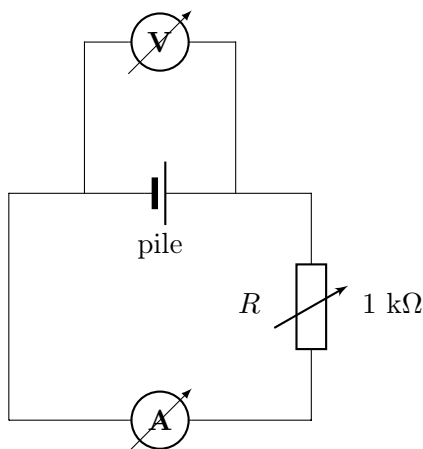
e. Indiquer la demi-pile qui peut être tantôt un pôle \ominus , tantôt un pôle \oplus .

1.5 Caractéristique d'une pile zinc-cuivre

Établir la caractéristique consiste à étudier la tension électrique U aux bornes d'une pile en fonction de l'intensité I du courant électrique débitée par la pile.

Pour cela, on fait varier l'intensité I du courant électrique fourni par la pile en modifiant la résistance du circuit extérieur (modification de la valeur de R).

- À l'aide de la pile cuivre/zinc, réaliser le montage ci-dessous :



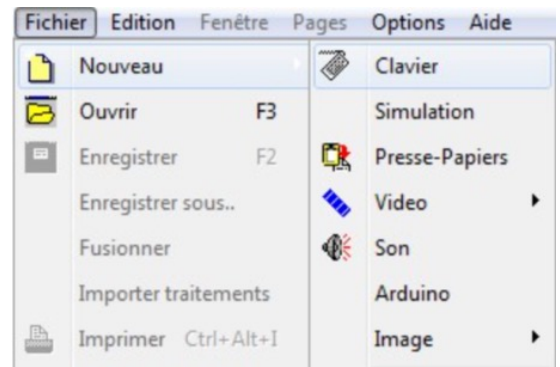
Conseil : dans un premier temps, commencez par réaliser une boucle ou maille comportant, dans l'ordre : la pile ; la résistance de $1\text{ k}\Omega$; l'ampèremètre. Appel du professeur pour vérifier ce montage.

Dans un deuxième temps, rajoutez le voltmètre aux bornes de la diode. Appel du professeur pour vérifier l'ensemble.

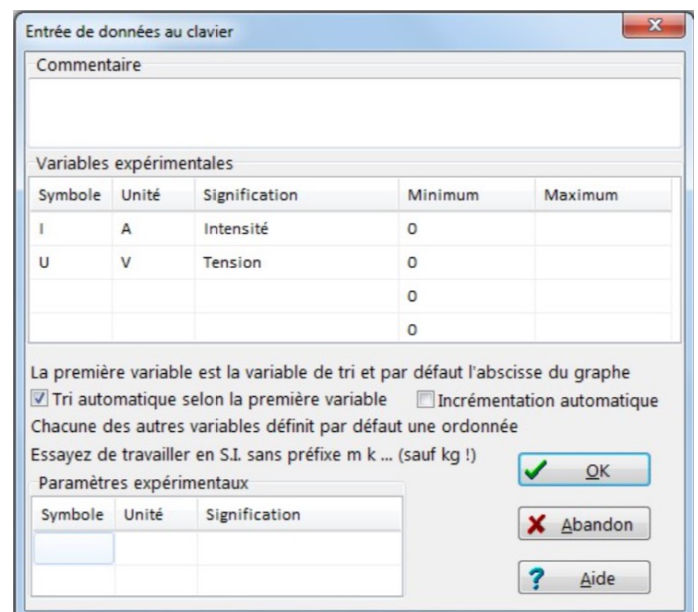
Veiller lors des mesures à ne pas laisser trop longtemps la pile en court-circuit (résistance nulle).

- Sur l'ordinateur, ouvrir une session, et sur le bureau, ouvrir le dossier « Logiciels physique », double-clic sur le raccourci « Regressi nouvelle version ».

- Une fois Regressi ouvert, cliquer sur Fichier > Nouveau > Clavier.



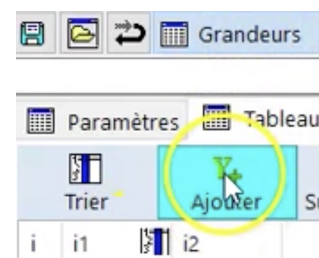
- Entrer les variables expérimentales :
Symbole : I, Unité : A, Signification : intensité, et inutile de changer ou de remplir Minimum et Maximum ;
Symbole U, Unité V, Signification : tension ;
Valider par Ok.



- On se propose de calculer la puissance \mathcal{P} délivrée par la pile :

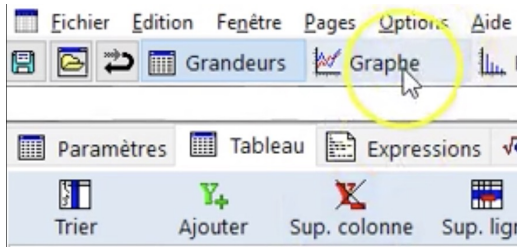
$$\mathcal{P} = U \times I$$

Rajouter immédiatement une grandeur en cliquant sur le bouton Y+ vert dans la barre d'outil du tableau.

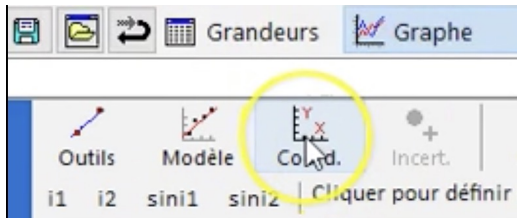


Choisir « Grandeur calc. » pour créer une grandeur calculée. Comme symbole, entrer par exemple P, W comme unité (des watts, oui, ce sont bien eux!), et comme expression, entrer exactement $U \cdot I$. Cliquer sur OK. Une nouvelle colonne apparaît dans le tableau.

- On veut tracer la caractéristique de la pile, on fait le choix arbitraire de tracer U en fonction de I (donc I en abscisse et U en ordonnée). Cliquer sur « Graphe » :



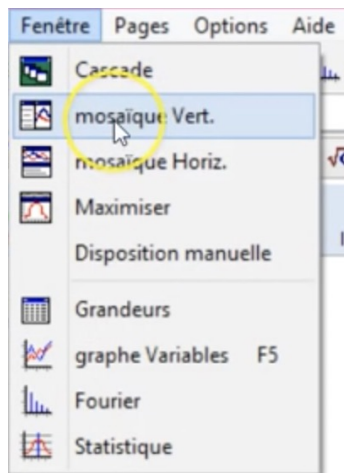
Par défaut, le logiciel trace la deuxième valeur expérimentale entrée au clavier en fonction de la première.



Cliquer sur Coord. permet d'afficher les options du graphique. Cochez l'option « Ligne » si vous souhaitez relier les points par une vilaine ligne brisée.

Si vous faites cela, vous devez vous rendre compte qu'une ligne brisée n'est pas une courbe physiquement acceptable (les variations en physique sont en général continues). Cochez alors Points afin d'avoir toujours les points expérimentaux en évidence.

- Toujours sur Coord., rajouter la courbe P en fonction de I .
- Pour avoir à la fois à l'écran vos deux courbes et le tableau de mesure que vous remplissez, vous pouvez sous le menu Fenêtre choisir « Mosaïque verticale ». Ainsi, dès qu'un phénomène intéressant a lieu, vous pouvez prendre plus de points expérimentaux.



- Imprimer le résultat (Grandeurs, Tableau et Graphe), un exemplaire par élève, à joindre au compte-rendu.

1.6 Exploitation des résultats

Sur la caractéristique U en fonction de I , on constate qu'une partie de la courbe est linéaire. Elle correspond au fonctionnement normal de la pile. L'autre partie, non linéaire, traduit le comportement de la pile au voisinage du court-circuit. Elle ne correspond pas à l'usage normale de la pile.

L'équation de la droite décroissante donnant les variations de U en fonction de I est de la forme :

$$U = -r \cdot I + E \text{ de la forme } y = a \cdot x + b$$

avec $r > 0$ la résistance interne de la pile, opposé de la pente de la droite, et E la force électromotrice ou tension à vie, ordonnée à l'origine de la droite.

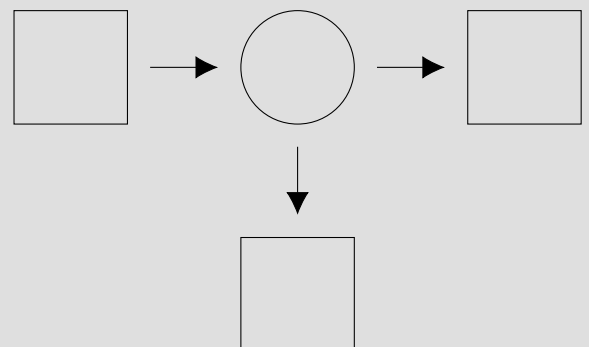
- À l'ordinateur, modéliser la courbe donnant U en fonction de I par une relation affine. Bien modifier les bornes du modèle afin de ne pas tenir compte de la partie non linéaire.

f. Donner les caractéristiques de la pile : force électromotrice E et résistance interne r .

1.7 Étude énergétique

- Sur la courbe \mathcal{P} en fonction de I , repérer le point auquel la pile débite une puissance maximale.

g. Compléter la chaîne énergétique d'une pile :



Exercices du chapitre 20

Lien entre puissance et énergie

20.1 N° 8 p. 297

20.2 N° 9 p. 297

Caractéristique d'un dipôle

20.3 N° 16 p. 298

20.4 N° 17 p. 298

Différencier puissance et énergie

20.5 N° 20 p. 299

20.6 N° 26 p. 300