

Objectifs: étudier la constitution et le fonctionnement d'une pile ; réaliser différentes piles et mesurer leur f.é.m.

I. Un peu d'histoire: la pile de Volta

Volta au président de la Royal Society de Londres, en mars 1800 :

"Je me fournis de quelques douzaines de petites plaques rondes ou disques de cuivre, de laiton, ou mieux d'argent, et d'un nombre égal de plaques d'étain, ou, ce qui est mieux, de zinc. Je prépare en outre un nombre assez grand de rondelles de carton, de peau ou de quelque autre matière spongieuse, capable d'imbiber et de retenir beaucoup d'eau ou d'humeur qui soit meilleure conductrice que l'eau simple, comme l'eau salée, la lessive, etc...".

"Ayant sous ma main toutes ces pièces en bon état, c'est à dire les disques métalliques bien propres et secs, et les autres non métalliques bien imbibés d'eau simple, ou, ce qui est beaucoup mieux, d'eau salée, et essuyés ensuite légèrement pour que l'humeur n'en dégoutte pas, je n'ai plus qu'à les arranger comme il convient, et cet arrangement est simple et facile.

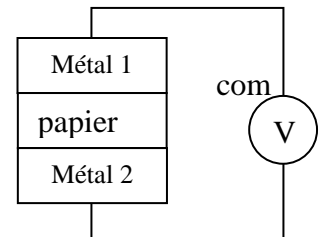
Je pose donc horizontalement sur une table ou base quelconque un des plateaux métalliques, par exemple un d'argent, et sur ce premier j'en adapte un de zinc; sur ce second, je couche un des disques mouillés, puis un autre plateau d'argent, suivi immédiatement d'un autre de zinc, auquel je fais succéder encore un disque mouillé. Je continue de la même façon, accouplant un plateau d'argent avec un de zinc et interposant à chacun de ces couples un disque mouillé; je continue, dis-je, à former de ces étages une colonne aussi haute qu'elle peut tenir sans s'écrouler.

Or, si elle parvient à contenir environ vingt de ces étages ou couples de métaux, elle sera capable de frapper les doigts avec lesquels on vient de toucher ses deux extrémités (la tête et le pied d'une telle colonne) d'un ou de plusieurs petits coups, et plus ou moins fréquents suivant qu'on réitère ces contacts; chacun desquels coups ressemble parfaitement à cette légère commotion que fait éprouver une bouteille de Leyde faiblement chargée, ou une batterie chargée plus faiblement encore, ou enfin une torpille (*) extrêmement languissante".

(*)Il s'agit du poisson marin qui porte de chaque côté de la tête des organes électriques

Questions

- 1) Que signifie dans ce texte les mots et expression suivants: "humeur"; "ne degoutte pas"
- 2) Pourquoi le dispositif de Volta a-t-il été appelé "pile"?
- 3) Rechercher sur internet ce qu'est une bouteille de Leyde et quelle est sa propriété.
- 4) a) Quelle propriété d'une pile permet de la distinguer des autres dipôles électriques?
b) Comment peut-on mettre en évidence expérimentalement cette propriété?



Etude expérimentale

- On dispose de : 2 plaques de zinc et de 2 plaques de cuivre ; De papier filtre absolument sec ; d'une solution ionique de chlorure de potassium ; d'un voltmètre.
- On réalise les différents empilements de 3 éléments proposés dans le tableau ci-dessous et on mesure à chaque fois la tension entre les 2 plaques externes. Compléter le tableau.

empilement	1	2	3	4	5	6
Métal 1	zinc	cuivre	zinc	zinc	cuivre	zinc
Papier filtre	sec	sec	sec	Imbibée d'une solution ionique	Imbibée d'une solution ionique	Imbibée d'une solution ionique
Métal 2	zinc	cuivre	cuivre	zinc	cuivre	cuivre
Tension mesurée						

- Quels éléments semblent nécessaires à la constitution d'une pile ?

II. REALISATION D'UNE PILE D'ETUDE (PILE DANIELL)

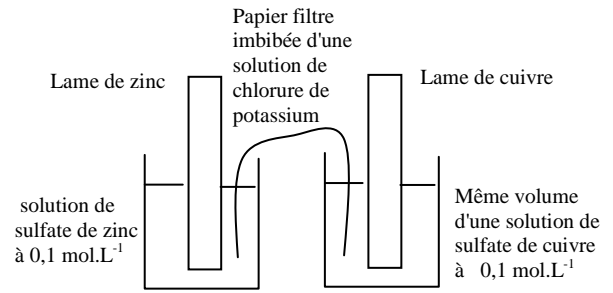
1) Le principe

- En mettant dans un bécher une lame de cuivre, une lame de zinc, deux volumes égaux d'une solution de sulfate de cuivre à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ et d'une solution de sulfate de zinc à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, on constate la réaction suivante (dans le sens direct) : $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} = \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$.
- Quel est le métal qui cède des électrons ? Qui les prend ? A quel endroit précis ce transfert d'électrons a-t-il lieu ?
- Il est possible de contraindre ces électrons à subir ce déplacement dans un circuit extérieur, ce qui produirait un courant électrique et donc la possibilité d'utiliser l'énergie libérée sous la forme d'énergie électrique. Pour cela on se propose de séparer les espèces de chaque couple sous forme de 2 **demi-piles** reliées par un **pont ionique**

2) La pile Daniell en circuit ouvert

Faire le montage ci-contre puis brancher un voltmètre entre les 2 lames (la borne COM étant liée au zinc).

- Quelle est la tension mesurée $U_{\text{Zn-Cu}}$ ou $U_{\text{Cu-Zn}}$? Donner sa valeur.



Soit P, la borne + de la pile et N sa borne négative. La force électromotrice (f.é.m) E d'une pile est sa tension U_{PN} **à vide** (c'est à dire en circuit ouvert, quand la pile ne débite pas de courant), c'est donc une grandeur **toujours positive**.

- Quel est, d'après les mesures de tensions à vide, la lame qui est le pôle + de la pile Daniell ? Quelle est sa f.é.m ?

3) La pile Daniell en circuit fermé

- Remplacer le voltmètre par un conducteur ohmique de résistance 10Ω et un ampèremètre. Y a-t-il un courant ? Quel est son sens et sa valeur ? Est-ce en accord avec les polarités de la pile ?
- Faire le schéma de ce montage en faisant apparaître le sens du courant et le sens de circulation des électrons.
- Retirer le pont salin (le papier filtre imbibé d'une solution ionique). Qu'observe-t-on ? Le résultat était-il prévisible ?

4) Interprétation microscopique

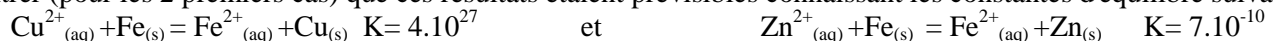
- Dans chaque bécber, quel couple oxydant/réducteur a-t-on introduit ? Rappeler les demi-équations correspondantes.
- A partir des demi-équations et du sens du courant déterminé expérimentalement, préciser s'il y a, lors du fonctionnement de la pile, production ou consommation d'ions Zn^{2+} , d'ions Cu^{2+} , de cuivre métallique ou de zinc métallique.
- Dans quelle demi-pile y-a-t-il oxydation ? Donner la demi-equation correspondante.
- Dans quelle demi-pile y-a-t-il réduction ? Donner la demi-équation correspondante.
- En déduire l'équation bilan (écrite dans le sens direct) de la réaction dans la pile.
- Que va-t-on observer au niveau des plaques après plusieurs heures de fonctionnement.
- D'après l'équation bilan, comment évolue la concentration des ions Cu^{2+} et Zn^{2+} au cours du fonctionnement de la pile.
- Le pont salin permet d'assurer la neutralité des solutions ioniques. Comment est-ce possible ?

III. FABRICATION D'AUTRES PILES

- A l'aide de différentes lames métalliques et de béchers contenant des solutions ioniques de même concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ et de même volume, réaliser les autres demi-piles , Pb^{2+}/Pb et Fe^{2+}/Fe
- Fabriquer les piles suivantes (prendre le tube en verre pour le pont salin), relever à chaque fois leur polarité et mesurer leur f.é.m.
- Identifier pour chacun des cas le lieu de la réduction et de l'oxydation.
- En déduire l'équation bilan (dans le sens direct) de la réaction observée.

associations	Cu^{2+}/Cu et Fe^{2+}/Fe	Zn^{2+}/Zn et Fe^{2+}/Fe	Zn^{2+}/Zn et Pb^{2+}/Pb	Pb^{2+}/Pb et Cu^{2+}/Cu
Borne + de la pile				
Borne - de la pile				
f.é.m E				
½ pile de l'oxydation				
½ pile de la réduction				
Équation -bilan (sens direct)				

- Montrer (pour les 2 premiers cas) que ces résultats étaient prévisibles connaissant les constantes d'équilibre suivantes :



Matériel :**Par groupe de 2 élèves:**

- multimètre
- résistance de 10 Ohms (boîte AOIP)
- 2 pinces croco
- fils de connexion
- 7 PETITS BECHERS

Au bureau

- lames décapées de Cu, Zn, Fe, Pb (toutes celles existantes)
- paille de fer
- gants
- papier filtre en languette (4 par groupe) longue de 5 cm et large de 3 cm
- ponts salins
- solution $K^+ + Cl^-$ 1,0 mol/L 0,5 L
- solution de sulfate de cuivre à 0,1 mol/L 1L
- solution de sulfate de zinc à 0,1 mol/L 1L
- solution de nitrate de plomb à 0,1 mol/L 1L
- solution de chlorure de fer II à 0,1 mol/L (à préparer au dernier moment) 1L
- 1 bécher de 200 mL
- pile Daniell de démonstration