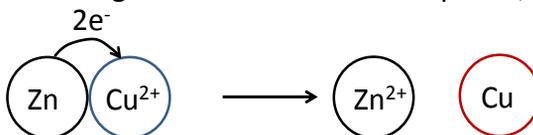


Chapitre 13 : Les piles.

I. Réaction d'oxydoréduction et transfert d'électrons :

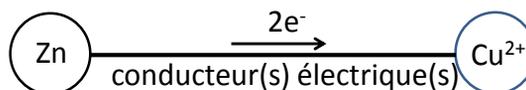
Exemple : Les ions Cu^{2+} réagissent sur le zinc métallique Zn, pour former Cu et Zn^{2+} :



II. Principe de fonctionnement d'une pile :

Dans une réaction d'oxydoréduction «classique», le transfert d'électron a lieu quand l'oxydant et le réducteur sont en contact.

Dans une pile, l'oxydant et le réducteur ne sont pas en contact «physiquement», ils sont en contact «électriquement» : ils sont reliés par un (des) conducteur(s) électrique(s) ; le transfert d'électrons se fait par l'intermédiaire de ce conducteur :



Les électrons qui circulent à travers le conducteur forme le courant débité par la pile

III. Conditions pour réaliser une pile :

1^{ère} condition : Il faut choisir un oxydant et un réducteur qui réagissent au contact l'un de l'autre (ils ne réagissent pas forcément bien ensemble (transformation limitée)), il faut «essayer».

2^{ème} condition : Réaliser la pile avec cet oxydant et ce réducteur, il se peut que la réaction par l'intermédiaire du conducteur ne soit pas possible.

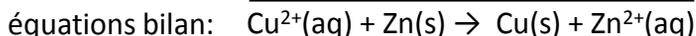
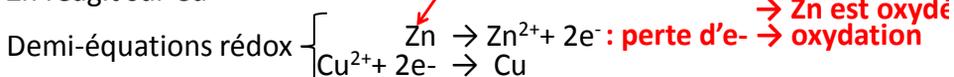
3^{ème} condition : Il faut que la pile débite un courant conséquent.

IV. Etude de la 1^{ère} pile «commerciale» : La pile Daniell

1. Équation-bilan :

Couples redox mis en jeu: Cu^{2+}/Cu Zn^{2+}/Zn

Zn réagit sur Cu^{2+}



Rq: Afin que la tension soit stable, il faut que les 4 espèces des 2 couples redox soient présentes dans la pile: Cu^{2+} , Cu, Zn^{2+} et Zn.

2. Présentation de la pile et sens du courant :

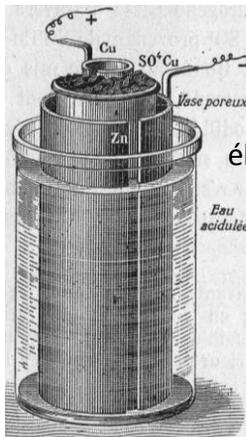
Réaction au niveau de l'électrode de zinc :



Réaction au niveau de l'électrode Électrode de cuivre :



Les électrons circulent de l'électrode en zinc vers l'électrode en cuivre.



Le courant circule dans le sens inverse des électrons.
Le courant sort toujours par le pôle + du générateur .

électrode («plaque») de cuivre Cu

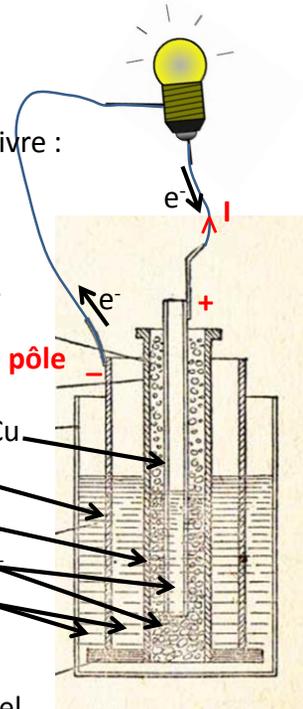
électrode de zinc Zn

paroi poreuse

solution saturée $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$

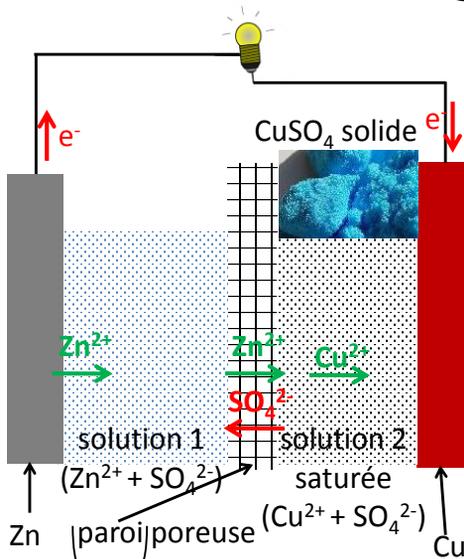
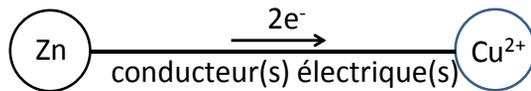
solution $\text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$

Rq: dans les piles actuelles, les solutions sont sous forme de gel.



3. Fonctionnement de la pile :

Zn réagit sur Cu^{2+} :



Les piles contiennent des solutions ioniques (électrolytes), elles sont toujours électriquement neutres → **principe de l'électroneutralité des électrolytes.**

permet d'éviter le contact direct entre les réactifs Cu^{2+} et Zn

solution 1: L'électrode de zinc se dissout → à chaque fois qu'un ion Zn^{2+} apparaît dans la solution 1 l'électroneutralité est respectée par le transfert suivant:

- soit un autre Zn^{2+} passe de la solution 1 à la solution 2
- soit un ion SO_4^{2-} passe de la solution 2 à la solution 1

solution 2: les ions Cu^{2+} sont consommés; à chaque fois qu'un ion Cu^{2+} disparaît dans la solution 2, l'électroneutralité est respectée par le transfert suivant:

- soit un ion Zn^{2+} passe de la solution 1 à la solution 2
- soit un ion SO_4^{2-} passe de la solution 2 à la solution 1
- soit un ion Cu^{2+} apparaît par dissolution des cristaux solides de sulfate de cuivre $CuSO_4$ en réserve.

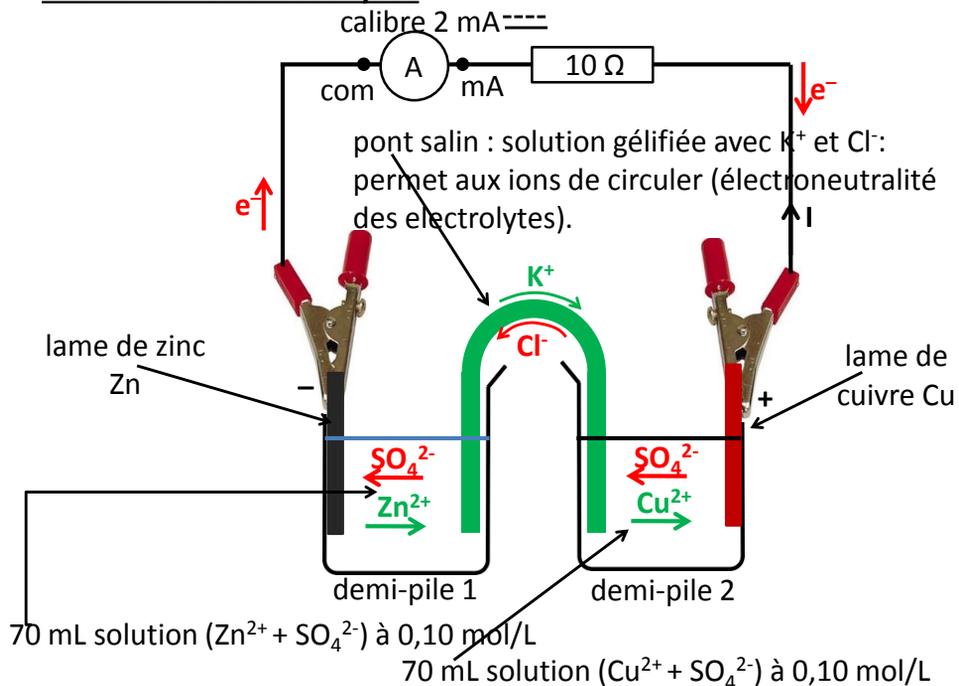
conclusion : un courant électrique circule dans les **fils électriques** (porteur de charge = e^-) mais aussi dans les **solutions** (porteur de charge = **ions**) afin de respecter l'électroneutralité des électrolytes.

Les électrons et les anions circulent dans le même sens.

Les cations dans le sens inverse.



V. Pile Daniell étudiée au lycée:



VI. Étude d'une pile commerciale : la pile saline :

La pile possède 3,8 g de zinc Zn et 5,2 g de dioxyde de manganèse MnO₂

Demi-équations rédox :

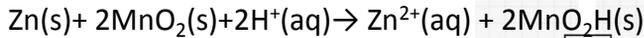
Données : M(Zn) = 65,4 g/mol

Au pôle - : $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$

M(MnO₂) = 70,9 g/mol

Au pôle + : $\text{MnO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2\text{H}$

L'équation-bilan est :



• Capacité de la pile :

C'est la quantité (positive) maximale d'électricité que la pile peut fournir :

$$Q = N \times |q(\text{électron})| \quad N: \text{nbre d'électrons}$$

$$Q = N \times e$$

$$e = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Q en C

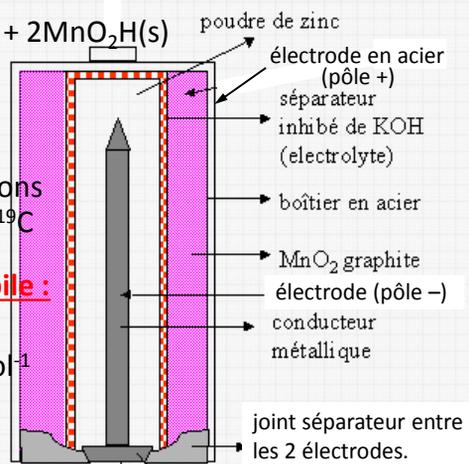
• Nombre d'électrons fournis par la pile :

$$N = n(\text{e}^-) \times N_A$$

N_A : Cste d'Avogadro : 6,0221 · 10²³ mol⁻¹

n(e⁻) : quantité d'e⁻ fournie par la pile en mol

$$R_q : Q = n(\text{e}^-) \times N_A \times e = n(\text{e}^-) \times 96485 \rightarrow \text{charge d'une mole d'e}^- \text{ (C/mol)}$$



• Quantité (en mol) d'électrons fournie par la pile :

Quand le réactif en défaut est épuisé, la pile cesse de fournir des électrons → Quel est le réactif en défaut ?

$$\text{D'après l'équation-bilan : } \frac{n(\text{Zn})_{\text{cons}}}{1} = \frac{n(\text{MnO}_2)_{\text{cons}}}{2}$$

$$n(\text{Zn})_{\text{intro}} = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{3,8}{65,4} = 0,058 \text{ mol}$$

$$n(\text{MnO}_2)_{\text{intro}} = \frac{m(\text{MnO}_2)}{M(\text{MnO}_2)} = \frac{5,2}{70,9} = 0,073 \text{ mol}$$

$$\frac{n(\text{MnO}_2)_{\text{cons}}}{2} = \frac{0,073}{2} = 0,037 \text{ mol}$$

$$\frac{n(\text{Zn})_{\text{intro}}}{1} > \frac{n(\text{MnO}_2)_{\text{intro}}}{2} \quad \text{donc MnO}_2 \text{ est en défaut}$$

D'après la demi-équation rédox : $\text{MnO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2\text{H}$

$$\frac{n(\text{e}^-)_{\text{cons}}}{1} = \frac{n(\text{MnO}_2)_{\text{cons}}}{1}$$

Rq : Les électrons sont formés sur une électrode, circulent dans les fils électriques du circuit puis sont consommés à l'autre électrode.

$$n(\text{e}^-)_{\text{max}} = n(\text{MnO}_2)_{\text{intro}} = 0,073 \text{ mol}$$

↙
disponible

• Bilan : $Q = n(\text{e}^-) \times N_A \times e = 0,073 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 7,1 \cdot 10^3 \text{ C}$

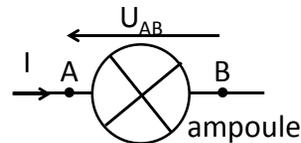
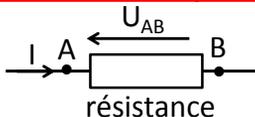
Rq : les capacités des piles peut être exprimées en Ah : 1 Ah = 3600 C

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ Ah} \leftrightarrow 3600 \text{ C} \\ Q \leftrightarrow 7,1 \cdot 10^3 \text{ C} \end{array} \right\} Q = \frac{7,1 \cdot 10^3}{3600} = 2,0 \text{ Ah}$$

VII. Électrocinétique : Étude d'une pile :

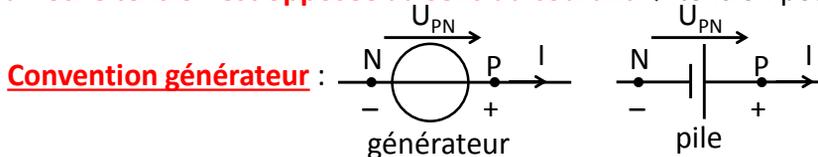
1. Tension et intensité :

Convention récepteur :



Lorsque l'on étudie un récepteur (résistance, ampoule, diode, moteur, ...), il y a deux tensions possibles: U_{AB} ou U_{BA} .

$U_{AB} > 0$ et $U_{BA} < 0$, par conséquent, la tension étudiée est toujours celle dont **la flèche tension est opposée au sens du courant** → tension positive.



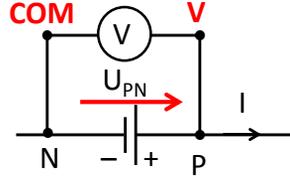
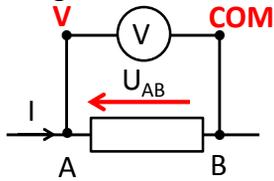
Lorsque l'on étudie un générateur (pile ou générateur avec «prise secteur»), il y a deux tensions possibles U_{PN} ou U_{NP} .

$U_{PN} > 0$ et $U_{NP} < 0$, par conséquent la tension étudiée est toujours celle dont **la flèche tension a le même sens que le courant** → tension positive.

2. Ampèremètre et voltmètre :

Le courant entre toujours par le borne mA : 

I est négatif si le courant entre par la borne COM.



La flèche tension étudiée «représente» le voltmètre : la flèche est toujours orientée de la borne COM vers la borne V :

3. Polarité d'une pile :

L'ampèremètre indique $-0,32\text{A}$ et le

voltmètre indique $-4,6\text{V}$.

Schématiser correctement la pile, le sens du courant et la tension U_{pile} .

