



1. OBJECTIFS

- **Construire et voir fonctionner** une pile.
- **Illustrer les processus physiques et chimiques** qui se déroulent dans une pile, et démontrer avec des moyens très simples comment elle fonctionne.
- **Apprendre le vocabulaire** de la pile : anode, cathode, électrolyte...
- **Se sensibiliser aux composants** chimiques et métalliques de la pile.

2. APPLICATIONS

- Matériel et installation : il faut un acide (du citron), deux métaux (zinc et cuivre), quelques fils et une micro-ampoule appelée diode électro-luminescente.
- Réalisation de l'expérience par groupe de 3 ou 4 enfants.
- Observation et description de la réaction chimique.
- Repérer sur un schéma de pile les différents éléments mis en scène dans l'expérience.

3. EXPLOITATION

- Les piles fonctionnent avec des couples de métaux ayant une propriété physique spécifique : l'un libère des électrons (ici, le zinc), l'autre les capte (ici, le cuivre). C'est un couple électrochimique. Il existe d'autres couples de métaux pour faire fonctionner les piles : zinc-manganèse, nickel-cadmium, zinc-argent... Les piles nécessitent également un acide pour provoquer la réaction chimique qui va libérer des électrons. Un acide à la propriété d'attaquer le métal, on dit qu'il est corrosif.
- Petite explication sur le courant électrique qui est une mise en mouvement d'électrons. Pour produire du courant, il faut des matériaux réactifs. Ceux-ci sont "usés" par la réaction chimique qui entraîne la libération d'électrons. C'est pour ça qu'une pile ne dure pas.



4. RÉALISATION DE L'ATELIER

➔ MATÉRIEL

Pour construire et voir fonctionner une pile au citron, il vous faut :

- 3 citrons (jaunes ou verts)
- 3 pièces de centimes d'euros en cuivre
- 3 vis zinguées (aussi appelées vis galvanisées)
- 4 fils électriques, de préférence avec des pinces crocodile aux deux extrémités (deux rouges, deux noirs)
- une diode électro-luminescente (à récupérer sur n'importe quelle guirlande lumineuse) ou une carte postale sonore
- un petit couteau
- des petites étiquettes autocollantes
- un demi cercle de carton noir de 5 cm de diamètre
- du ruban adhésif



Vous trouverez les vis galvanisées, le fil électrique ainsi que les diodes dans n'importe quel **magasin de bricolage**.

La carte postale musicale se trouve dans les **boutiques cadeau et carterie**.

Veillez, avant l'installation, à ce que les pièces de monnaie et les vis soient **bien brillantes**.

Si ce n'est pas le cas, frottez-les avec un peu de **paille de fer**.

➔ INSTALLATION ET BRANCHEMENT

1. Tout d'abord, malaxez les citrons afin de libérer le jus à l'intérieur des fruits, la pile sera plus performante.
Dans chaque citron, vissez une vis et, à quelques centimètres, incisez à l'aide du couteau le fruit pour y insérer à moitié une pièce.
2. Ça y est, la pile est prête, il ne reste plus qu'à relier les citrons entre eux pour lui donner plus de puissance.
Les pièces font office de bornes positives (cathodes) et les vis, de bornes négatives (anodes).
3. Puis, avec les fils électriques et les pinces, reliez ensemble les trois piles au citron, de façon à ce que la vis du premier citron soit reliée à la pièce du deuxième citron et ainsi de suite.
4. Fixez enfin les fils et les pinces à la première pièce et à la dernière vis. Pour finir, inscrivez "+" sur l'étiquette de la pince attachée à la première pièce et "-" sur l'étiquette de la pince attachée à la dernière vis.
Ainsi, la pile au citron dispose d'une borne positive (+) et d'une borne négative (-).
5. Pour vérifier son fonctionnement, vous pouvez la brancher à une diode électroluminescente qui consomme très peu de courant mais brille peu. Afin de voir le résultat, formez un petit cône sombre en recourbant le demi-cercle de carton noir. Scotchez-le autour de la diode afin de mieux voir sa brillance.

Option : L'effet de la pile au citron peut aussi être mis en évidence avec une carte postale musicale d'anniversaire. Découpez le papier qui enserre le dispositif, retirez la pile existante et fixez l'extrémité des fils électriques sur les bornes positives et négatives (prenez soin de retirer les pinces crocodiles pour cette opération).

5. OBSERVATIONS

- Avec le temps, la tension de la pile au citron faiblit. Comparez des batteries avec un, deux et trois citrons. Voyez combien de temps elles durent.
- Au bout d'un moment, vous remarquez que le citron noircit autour de la vis. Ce sont les ions zinc, libérés lors de la réaction chimique, qui restent dans le citron.
- Si vous retirez la vis et que vous l'enfoncez ensuite (ou une nouvelle vis zinguée) ailleurs dans le citron, vous pouvez partiellement rétablir la force de votre pile. Vous pouvez également donner un peu plus de force à votre pile en sortant, puis en rentrant de temps en temps les pièces de la fente.
- Tentez cette expérience avec plus de trois citrons reliés ensemble. Le voyant est-il plus lumineux ? La batterie au citron dure-t-elle plus longtemps ?
- Essayez aussi avec des pièces plus grosses en cuivre et en zinc.
- Tentez de fabriquer une pile, avec des citrons, assez puissante pour réussir à allumer une ampoule de lampe torche. Réussissez-vous ?
- Tentez l'expérience avec d'autres fruits et légumes, tels que des pommes de terre, des tomates, des pamplemousses ou des oranges.

6. OBSERVATIONS

Une pile fonctionne grâce à **une réaction chimique entre deux matières**. L'une peut céder facilement des électrons (ici, c'est la vis zinguée), et l'autre peut les attirer (ici c'est la pièce en cuivre).

Chaque matériau est une **électrode**. Ces électrodes, lorsqu'elles sont reliées à un **consommateur électrique** (ici, la diode), provoquent la **circulation d'électrons**, c'est le **courant électrique** ; c'est la réaction chimique provoquée par l'acide du citron qui induit une circulation de charges positives et négatives (électrons, ions). Une pile fournit donc du **courant continu**.

La **borne négative** d'une pile correspond à l'**anode**, c'est elle qui **fournit les électrons**.

La **borne positive** d'une pile correspond à la **cathode**, c'est elle qui **consomme les électrons**.

➡ ÉTAPES

Lorsque la vis zinguée entre en contact avec l'acide citrique du citron, il se passe deux choses : l'acide attaque les atomes de zinc et les transforme en ions zinc (Zn^{2+}), chargés positivement (ce sont eux qui noircissent la surface autour de la vis). Cela libère aussi deux électrons ($2e^-$), chargés négativement.

Par ailleurs, la réaction chimique produit des ions hydrogène chargés positivement et formant un gaz : on voit des petites bulles autour de la vis. Ces ions aident à détacher les électrons négatifs du zinc (ils s'attirent comme des aimants !).

Au contact de l'acide du citron, le cuivre des pièces se charge positivement (Cu^{2+}). Ces charges positives, légèrement plus puissantes que celles des ions hydrogène présents dans l'acide citrique, attirent la plupart des électrons détachés du zinc.

Toutefois, pour que les électrons circulent, il faut une connexion entre la pièce en cuivre et la vis zinguée. Dès qu'un chemin conducteur (ou un circuit) est établi entre cette vis et le centime en cuivre, le cuivre attire les électrons hors de la vis via le circuit, puis les renvoie dans le citron via la pièce. C'est le courant électrique qui peut allumer la diode !

La tension de la pile électrique au citron provient de la différence relative qui existe entre la faculté du zinc et celle du cuivre à perdre leurs électrons. Le courant électrique fourni par la pile dépend notamment de la quantité d'électrons libérés suite aux réactions chimiques.

SCHÉMA

