

## Une pile «scolaire» pleine de possibilités

par R. CAHAY, R. LINARD, B. MONFORT et G. RÉMY  
Université de Liège  
Département de Chimie Générale (B6)  
et Laboratoire d'Enseignement Multimédia (B7)  
Sart Tilman, B-4000 Liège

---

L'électrochimie, chapitre passionnant s'il en est, est souvent considéré comme une matière très difficile par ceux qui doivent l'étudier.

Depuis quelques années, sous l'impulsion d'Ivan GILLET, nous avons tenté de mettre au point, dans le cadre des activités «contact avec le secondaire», une après-midi de sensibilisation à l'électrochimie [1].

C'est pourquoi l'article de J.Ch. LAPOSTOLLE, paru dans le BUP de janvier 1991 [2] nous a beaucoup intéressés. Il nous a aidé à faire un pas de plus dans nos réflexions et dans nos essais et nous nous proposons de les relater ici.

### LA PILE AU TAILLE-CRAYON

L'article de J.Ch. LAPOSTOLLE [1] met en évidence l'utilisation d'un taille-crayon pour réaliser une pile **Mg|HCl|Cu** performante et originale qui alimente

- un petit moteur (1,5 V) ou
- une ampoule (1,5 V ; 0,09 A).

Cette pile, peu ordinaire, stimule l'intérêt des élèves et leur désir d'en savoir plus.

Toutefois, elle a l'inconvénient d'être le siège d'un important dégagement d'hydrogène : la réaction du taille-crayon avec l'acide limite évidemment la durée de vie du taille-crayon (10 expériences avec une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène de concentration 0,7 mol/L).

Mais, il y a plus : le dégagement d'hydrogène au contact du taille-crayon risque de perturber les élèves qui abordent l'étude des piles et des réactions chimiques aux électrodes (même si pédagogiquement le professeur peut tirer parti de ce dégagement gazeux) [3]. N'oublions pas que, lors du fonctionnement normal d'une pile du type Volta (ici :  $Mg|HCl|Cu$ ), **c'est à la cathode** (au contact du tuyau de cuivre) **que le dégagement d'hydrogène doit se produire** et que, dans les piles du commerce, on fait tout pour éviter le dégagement gazeux à l'anode [4].

## DES PILES ARTISANALES AMUSANTES

Des piles surprenantes, cela fait longtemps déjà que l'on en réalise [5, 6].

Comme beaucoup d'autres, les élèves de l'enseignement secondaire venant à l'Université de Liège le mercredi après-midi, réalisent des piles artisanales en utilisant notamment des matériaux de la vie courante et de récupération ; par exemple :

- *comme anodes* : du zinc, du papier d'aluminium, du ruban de magnésium...
- *comme cathodes* : du cuivre, du laiton, des crayons de graphite...
- *comme milieux électrolytiques* : des pommes de terre, des oignons, des fruits, de l'eau du robinet, du vinaigre, des solutions aqueuses de  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ...

Ces piles servent à faire fonctionner des horloges électroniques, des cartes musicales que l'on a modifiées en enlevant la pile bouton et en soudant 2 fils aux bornes + et -.

Ces appareils sont peu «gourmands» :

- *les horloges* ne nécessitent en effet que : des courants de quelques microampères ;
- *les cartes musicales* : des courants de quelques dizaines de microampères (1).

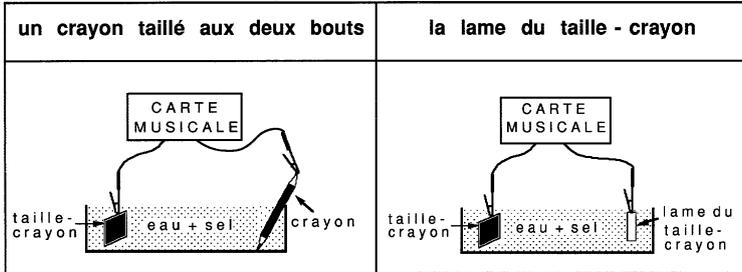
## EXPÉRIENCES COMPLÉMENTAIRES AVEC LE TAILLE-CRAYON

Le recours au taille-crayon en magnésium et à la carte musicale suggère quelques expériences :

1. *En remplaçant la solution aqueuse de  $HCl$  par une solution*

aqueuse de  $\text{NaCl}$  ou de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , on diminue considérablement le dégagement d'hydrogène sans nuire aux performances de la pile dans les applications décrites.

2. Avec un taille-crayon, on a tout ce qu'il faut pour réaliser les deux piles suivantes en utilisant :



3. On peut aussi remplacer la carte musicale par *une petite voiture avec alarme et clignotants*.

Normalement, celle ci est alimentée par deux piles bouton :

Si on les enlève et si l'on soude les bornes + et - à deux fils, on peut demander aux élèves de trouver les conditions permettant de faire fonctionner l'alarme seule ou l'alarme et les clignotants.

## OBSERVATIONS ET MESURES

On peut aussi faire des observations comparables à celles faites par J.Ch. LAPOSTOLLE.

**a)** Lorsqu'on entend la mélodie de la carte musicale, c'est que la pile débite.

**b)** Comme la carte musicale (ou l'horloge électronique) ne fonctionne que si les connections aux bornes de la pile sont correctes, on peut repérer aisément le signe des bornes :

magnésium : -                      lame d'acier ou crayon : +

c) On peut relier le bon fonctionnement de la carte musicale (sons corrects) aux caractéristiques de la pile. Ainsi, en utilisant différents milieux électrolytiques :

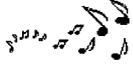
- eau désionisée, eau du robinet ;
- solution aqueuse d'acide éthanóique (acétique) ( $c = 0,01 \text{ mol/L}$ ) ;
- solution aqueuse de NaCl ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ),

on peut se rendre compte des variations des sons émis par la carte musicale et mettre ainsi en évidence la *résistance interne de la pile*.

d) On peut aussi mesurer :

- la tension et
- l'intensité du courant pour une série de piles alimentant différents gadgets :

(dans tous les cas, l'électrolyte est une solution aqueuse de NaCl ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ )).

		<b>Pour faire fonctionner</b>			
<b>PILE</b>	TAILLE- CRAYON	NaCl	CRAYON	avec carte musicale	avec horloge électronique
tension en circuit ouvert				1,45 V ( $I = 0$ )	1,45 V ( $I = 0$ )
tension lorsque la pile débite				0,75 V ( $I = 50 \text{ à } 60 \mu\text{A}$ ) (sons "dissonants")	1,20 V ( $I = 1 \text{ à } 2 \mu\text{A}$ )
<b>PILE</b>	TAILLE- CRAYON	NaCl	LAME du TAILLE- CRAYON	avec carte musicale	avec horloge électronique
tension en circuit ouvert				1,20 V ( $I = 0$ )	1,20 V ( $I = 0$ )
tension lorsque la pile débite				0,95 V ( $I = 100 \mu\text{A}$ ) (sons "mélodieux")	1,14 V ( $I = 1 \text{ à } 2 \mu\text{A}$ )

 <b>Pour faire fonctionner la voiture avec alarme et clignotants</b>						
PILES :	TAILLE- CRAYON	NaCl	CRAYON *	TAILLE- CRAYON	NaCl	LAME
<u>1 élément de pile</u> tension en circuit ouvert	1,45 V (I = 0)			1,20 V (I = 0)		
tension lorsque la pile débite	0,9 V (I = 10 à 25 $\mu$ A) (son mauvais, pas de lumière)			1,10 V (I = 30 $\mu$ A) (son meilleur, pas de lumière)		
<u>2 éléments de pile</u> (en série) tension lorsque les piles débitent	1,4 V (I $\approx$ 120 $\mu$ A) (son correct, pas de lumière)			1,80 V (I $\approx$ 200 $\mu$ A) (son correct, clignotants faibles)		
<u>3 éléments de pile</u> (en série) tension lorsque les piles débitent	1,8 à 1,6 V (I $\approx$ 150 $\mu$ A) (son correct, clignotants faibles)			2,2 à 2,1 V (I $\approx$ 250 $\mu$ A) (son correct, clignotants normaux)		

(\*) On peut aussi utiliser un morceau de papier cartonné sur lequel on a crayonné.

En utilisant des électrodes + (fonctionnant comme cathodes) de plus grandes dimensions, 2 éléments de piles en série permettent de faire fonctionner alarmes et clignotants de la voiture :

	Lame de Cu (10 cm <sup>2</sup> )	Fil de Cu ( $\phi$ 2,5mm)	Graphite ( $\phi$ 5mm)**
tension en circuit ouvert	2,85 V (I = 0)	2,75 V (I = 0)	2,25 V (I = 0)
tension lorsque la pile débite	2,5 V (I $\approx$ 800 $\mu$ A)	2,05 V (I $\approx$ 500 $\mu$ A)	2,10 V (I $\approx$ 600 $\mu$ A)

(\*\*) bâton récupéré d'une pile

N.B. Les valeurs données ci-dessus peuvent varier en fonction du type de carte musicale, d'horloge électronique ou de voiture ; elles peuvent aussi varier au cours du temps.

### D'AUTRES IDÉES...

1. En posant les deux mains légèrement humides sur 2 plaques d'environ 1 dm<sup>2</sup>, l'une en *magnésium*, l'autre en *cuivre*, on peut faire

fonctionner une horloge électronique ou une carte musicale en les branchant correctement aux plaques.

Cette expérience est à rapprocher de celle proposée par C. DUBOC-CHABANON et collaborateurs [7] où l'on mesure la tension aux bornes d'une ou de plusieurs piles (en série) «**Zinc | Doigt | Cuivre**».

2. Avec une pile constituée de deux plaques (d'environ 10 cm<sup>2</sup>), l'une en zinc amalgamé, l'autre en cuivre plongeant dans une solution aqueuse d'acide sulfurique, on peut faire fonctionner le flash d'un appareil photo «à jeter» en procédant comme suit :

- récupérer le flash et son système d'alimentation ;
- enlever la pile crayon ;
- court-circuiter le système de charge ;
- relier correctement les deux électrodes aux bornes + et - du support de pile ;
- charger le condensateur (150 µF ; 300V) ;
- provoquer l'éclair lorsque la lampe témoin est allumée, ce qui prend entre 5 et 15 secondes.

On arrive aussi à charger le condensateur en utilisant deux piles en série avec taille-crayon et lame de cuivre (10 cm<sup>2</sup>) plongeant dans une solution assez concentrée de NaCl avec quelques gouttes d'eau oxygénée ou d'eau de Javel. Ceci est l'occasion d'envisager avec les élèves différentes réactions de réduction pouvant se passer à la cathode.

## CONCLUSION

Ne jetons plus de matériaux qui pourraient nous servir à faire des piles, notamment les vieux taille-crayons et bouts de crayons.

Soyons attentifs à tous les gadgets électroniques que l'on pourrait alimenter avec ces piles artisanales.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] I. GILLET, R. CAHAY, R. LINARD, «De l'énergie électrique par les piles à l'oxydo-réduction en chimie - aspects électriques, électrochimiques et chimiques», séance de travaux pratiques destinée aux élèves du secondaire, Université de Liège, 1990.

- [2] J.Ch. LAPOSTOLLE, «Le taille-crayon : un objet chimique. Confisquons les taille-crayons (pile Cu/HCl/Mg)», Bulletin de l'Union des Physiciens. n° 730, janvier 1991, p. 89-91.
- [3] Note de la rédaction du B.U.P., «Vérifions l'origine de l'hydrogène dégagé», Bulletin de l'Union des Physiciens, n° 730, janvier 1991, p. 91.
- [4] C. DUBOC, «Une pile, qu'y a-t-il à l'intérieur d'une pile ? Qu'est-ce qu'on y voit quand elle est ouverte ?», Bulletin de l'Union des Physiciens, n° 633, avril 1981, p. 921-941.
- [5] P. DUBOC, C. DUBOC, «Pile au fromage», Bulletin de l'Union des Physiciens, n° 633, avril 1981, p. 943-945.
- [6] Émission de télévision de la série «Take nobody's word for it», BBC2 janvier 1989 (pile «forme à gâteau en aluminium | eau de Javel | alliance en or » alimentant une petite voiture).
- [7] C. DUBOC-CHABANON, J. LEMERLE, Y. LE ROUX, J. TALBOT, «Chime 2-Deug scientifiques-Écoles de chimie, p. 166, Paris, Armand COLIN, 1987.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement pour son aide le Fonds de la Recherche Scientifique Fondamentale Collective (FRSFC-IM) du Ministère de l'Éducation et de la Recherche de la Communauté Française de Belgique.