

# Construire une pile en classe

Angela Turricchia, Grazia Zini et Leopoldo Benacchio

Traduction par Marie-Ange Patrizioi

## Considérations initiales

Actuellement, nombre de jouets utilisent des piles. Les enfants ont l'habitude de les acheter, de les placer, de les changer, mais ils ne connaissent pas leur fonctionnement. Et pourtant, l'introduction de l'électricité dans la vie quotidienne, qu'elle provienne de centrales électriques ou plus simplement de piles, a profondément modifié notre mode de vie.

Par ses travaux, Volta tient une place extrêmement importante dans le développement des réalisations techniques à base d'électricité. L'étude de sa vie, de son œuvre et en particulier de la pile dont il est l'inventeur, est particulièrement riche de sens et adaptée aux programmes de sciences de l'école élémentaire. La pile a mis à la disposition des hommes une nouvelle forme d'énergie très flexible, ce qui leur a permis de développer la production d'électricité.

Si la réalisation d'une pile de Volta, très simple et assez économique, peut se faire en classe, la théorie qui sous-tend cette activité est bien moins simple à concevoir : elle nécessite en effet d'introduire la notion de particule chargée, autrement dit d'électron, dont les élèves n'ont pas une connaissance concrète.

## Préparer la séance en classe

### La lettre de Volta à la Royal Society

Comme point de départ pour cette activité, on pourra s'appuyer sur la description de la pile faite par Volta dans sa lettre adressée en 1800 au président de la Royal Society, un texte simple et accessible :

« Je vais donner ici une description plus détaillée de cet appareil et de quelques autres analogues, aussi bien que des expériences y relatives les plus remarquables. Je me fournis de quelques douzaines de petites plaques rondes ou disques de cuivre, de laiton, ou mieux d'argent, d'un pouce de diamètre, plus ou moins (par exemple des monnaies), et d'un nombre égal de plaques d'étain, ou, ce qui est beaucoup mieux, de zinc de la même figure et grandeur, à peu près – je dis à peu près, parce que la précision n'est pas requise, et en général la grandeur aussi bien que la figure des pièces métalliques est arbitraire ; on doit avoir égard seulement qu'on puisse les arranger commodément les unes sur les autres en forme de colonne. Je prépare, en outre, un nombre assez grand de rouelles de carton, de peau ou de quelque autre matière spongieuse, capable d'imbiber et de retenir beaucoup d'eau ou de l'humeur dont il faudra pour le suc-

cès des expériences qu'elles soient bien trempées. Ces tranches ou rouelles, que j'appellerai disques mouillés, je les fais un peu plus petites que les disques ou plateaux métalliques, afin qu'interposées à ceux-ci de la manière que je dirai bientôt, elles n'en débordent pas. »

Ce texte incitera les élèves à reproduire l'empilement décrit.

## **Comment fonctionne une pile ?**

L'image que nous avons de l'objet que Volta présente est celle d'un empilement régulier de disques de cuivre et de zinc séparés par un carton imprégné d'eau salée. Les enfants pourront ainsi comprendre d'où la pile tire son nom ! Les disques de cuivre et de zinc sont appelés « électrodes » et la solution de sel, « électrolyte ». Ce sont les réactions chimiques entre ces différents composants qui vont donner naissance à de l'électricité, c'est-à-dire à une circulation d'électrons (toute cette nomenclature sera introduite par le Britannique Michael Faraday en 1834, en même temps que le reste de la terminologie électrochimique).

Pour Volta, la production d'électricité était essentiellement due au contact entre ces trois éléments, même s'il avait compris l'importance de la solution pour le « passage des particules chargées ». Pour préparer les activités de la classe, il est important de comprendre comment fonctionne une pile, tout en gardant à l'esprit que ce n'est pas à la portée des élèves de primaire. La pile de Volta comporte une électrode de cuivre « réduite » sous l'action de l'électrolyte : elle libère des électrons qui vont s'associer avec les ions  $H^+$  de l'électrolyte et migrer jusqu'à l'électrode de zinc, produisant un courant électrique (si un circuit est constitué, c'est-à-dire si les électrodes sont reliées par une suite de conducteurs).

On peut dire que l'électrode de cuivre « perd » des électrons : on dit qu'elle est « chargée positivement » (elle devient le pôle positif). Au contraire, l'électrode de zinc se dissout partiellement dans la solution et « gagne » des électrons : on dit qu'elle est « chargée négativement » (elle devient le pôle négatif). Une tension s'établit entre les deux pôles de la pile.

La cathode (c'est-à-dire le cuivre) se reconstitue en permanence : le cuivre ayant réagi avec la solution est reconstitué grâce aux électrons « récupérés » dans le circuit. Seule l'électrode de zinc (c'est-à-dire l'anode) est consommée. Le processus peut donc continuer jusqu'à ce que celle-ci soit complètement dissoute.

## **Le matériel**

Nous proposons d'utiliser des pièces de monnaie : il s'agit d'une solution assez simple, surtout depuis l'introduction de l'euro. Nous suggérons d'utiliser les pièces de 20 centimes, fondues dans un alliage de cuivre particulier que l'on a l'habitude de désigner sous le nom de « Nordic Gold » et qui comprend 89 % de cuivre, 5 % de zinc, 5 % d'aluminium et 1 % d'étain, ainsi que des pièces de 5 centimes en acier cuivré : un matériel expérimental facile à trouver

et... recyclable ! Seule difficulté, ces pièces sont petites et les empiler aboutit à un édifice fragile et instable. Les classes confrontées à ce problème ont choisi de construire une base sur le modèle de celle décrite par Volta en utilisant un morceau de polystyrène sur lequel repose l'empilement (on peut consulter les dessins sur le cédérom).

### **Quelques recommandations**

À l'issue de l'activité, les élèves devront notamment identifier les deux pôles de la pile. Or, la désignation des pôles « plus » et « moins » est déterminée par convention. Pour éviter d'induire les enfants en erreur et battre en brèche les idées fausses sur le sens du courant, il est important que les enseignants puissent répondre à cette question (et à d'autres de ce type).

Les piles peuvent être dangereuses : les normes de sécurité de la Communauté européenne nous indiquent qu'on ne peut pas appliquer au corps humain une tension supérieure à 24 V, tension qui s'obtient avec trois piles de 9 V montées en série (il est très important de se rappeler cette limite quand nous devons travailler avec des élèves).

Les piles peuvent polluer notre environnement : certaines (les piles-boutons) contiennent du mercure nocif pour le milieu dans lequel nous vivons. Un problème qu'il faut présenter aux élèves en les invitant à la collecte et au tri des déchets...

Il est important enfin que les élèves puissent observer ce que contiennent les piles, mais seul l'enseignant devra les ouvrir. À ce propos, il sera plus approprié de choisir une pile plate car les piles cylindriques sont souvent « blindées » et impossibles à ouvrir !

## **Construire une pile en classe**

### **Initier la réflexion**

Pour commencer, on peut inviter les élèves à apporter en classe les différentes piles qu'ils trouveront chez eux : on rassemblera ainsi des piles plates, des piles cylindriques, des piles salines ou alcalines... On leur demandera ensuite de s'interroger sur l'origine et sur le devenir de chaque type de pile. Il est également possible de partir de l'observation d'un jeu qui fonctionne avec des piles et de poser aux élèves la question : « Qu'est-ce qui fait fonctionner le jeu ? » La discussion qui s'ensuivra permettra d'établir une liste des fonctions de la pile et ses modes d'utilisation. On pourra, si nécessaire, ôter la pile du jeu pour montrer qu'il ne fonctionne plus. Quelle que soit l'option choisie, nous proposons d'amener les élèves à réfléchir sur l'origine de la pile et à lire le texte de Volta pour fabriquer leur propre pile.

### **Quel matériel utiliser ?**

On pourra alors lister le matériel utilisé par Volta et imaginer quels objets de la vie quotidienne pourraient le remplacer (ci-contre, en haut) :

## Définir un protocole

On définira ensuite un protocole pour fabriquer la pile :

- prendre la base de polystyrène et y fixer les piques à brochettes de manière à ce qu’elles soient parfaitement verticales : on obtiendra ainsi une structure qui empêchera les disques empilés de tomber ;
- faire des « sandwiches » de pièces de 20 et 5 centimes avec, au centre, un petit disque de coton imbibé de jus de citron (ou d’eau salée) ;
- glisser et empiler ces sandwiches sur la structure d’appui.

Lors de la fabrication de leur pile, les élèves s’apercevront qu’ils doivent prendre certaines précautions :

- lorsque les disques de coton sont pressés (en particulier ceux situés à la base de l’empilement), ils perdent leur jus de citron, ce qui rend la pile moins efficace (les élèves découvriront ainsi le rôle de l’électrolyte : si le jus s’assèche, il n’accomplit plus sa fonction). Pour réduire cet effet, on peut intercaler du coton entre toutes les pièces. Volta n’avait pas compris l’importance de l’électrolyte, il pensait que l’électricité était générée par le contact entre deux métaux différents !
- il faut se rappeler que les disques de coton doivent être plus petits que les pièces pour éviter que deux morceaux de coton ne viennent à se toucher (Volta l’indique bien dans son texte).

Nous pouvons utiliser un « contrôleur » pour tester la pile et la comparer à une pile du commerce. Un enfant s’est ainsi exclamé : « Mais ce n’est pas possible, avec ma pile, j’ai lu 195 [mV], et avec la pile que j’ai achetée, j’ai lu 1 590 ! » Après discussion, les élèves ont convenu que pour obtenir les mêmes résultats qu’avec la pile achetée, il fallait huit empilements en série.

<b>Volta a utilisé</b>	<b>Nous pouvons utiliser</b>
20 disques de cuivre de 4 cm de diamètre	20 pièces de 20 centimes d’euro
20 disques de zinc de 4 cm de diamètre	20 pièces de 5 centimes d’euro
20 disques de papier pressé	20 petits disques de coton de la taille d’une pièce de 5 centimes
Une solution d’eau salée pour baigner les disques de papier pressé	Le jus d’un citron pour imbiber les disques de coton
Trois tiges fixées verticalement sur une base de bois	Une base de polystyrène pour y fixer trois petites piques à brochettes (ou des pailles en plastique) qui soutiendront l’empilement.

## En plein empilement

Si les élèves mènent leur construction à bien, ils verront que la surface des pièces utilisées est altérée, surtout celle des pièces de 5 centimes. « Nous n'aurons plus de pièces, je ne pourrai plus faire mes achats ! » s'est plainte une élève !

Nous avons aussi cherché à faire la même expérience avec moins de sandwiches mais les élèves ont alors constaté que le contrôleur affichait une valeur moindre. Dans une classe, un groupe d'élèves a cherché à construire une mini-pile : « On lit toujours quelque chose... » Au cours de cette activité, il est important de laisser les élèves expérimenter toutes leurs idées, tout en faisant attention à ce qu'ils ne fassent varier qu'une variable à la fois, condition nécessaire pour comprendre d'où viennent les différences de résultat.

Un groupe, lassé de voir ses empilements tomber, a décidé de construire une pile « horizontale » : « Nous avons réussi à mettre plus de pièces, mais on n'avait plus la pile de Volta ! » Ils ont alors cherché d'autres textes historiques. C'est ainsi que la classe a découvert la « pile à couronnes de tasses » de Volta. Dans l'expérience réalisée par les élèves, une demi-orange est une pile bien plus naturelle que celle de Volta : « Nous avons cherché à construire une pile différente : nous avons planté des électrodes de cuivre et de zinc dans des oranges : nous avons eu besoin de douze oranges pour allumer une petite lampe. » Les élèves peuvent utiliser d'autres fruits et même d'autres électrolytes (voire de l'eau) : ils se rendront ainsi compte que la plupart fonctionne. Dans une classe, on a même cherché à utiliser des kiwis et deux verres d'eau...



## Et après ?

Il est possible, pour prolonger cette activité, de donner aux élèves des piles plates et des ampoules pour aborder les circuits électriques. On peut former des groupes de quatre ou cinq élèves, leur donner une ampoule, des fils électriques, une pile et leur demander de faire briller l'ampoule. Laissez les élèves tâtonner et s'interroger sur la façon d'utiliser la pile de Volta qu'ils auront fabriquée dans la première partie de la séquence. Ils pourront la tester avec une ampoule et étudier ainsi la notion de circuit fermé. Avec un nombre limité de sandwiches, il sera difficile de faire briller l'ampoule mais certains auront l'idée d'associer plusieurs piles et d'observer ce qui se passe alors.

Les élèves pourront aussi rechercher les caractéristiques des ampoules en regardant les boîtes ou le culot des ampoules. Ce sera l'occasion de s'interroger sur les valeurs indiquées et les unités utilisées et d'introduire l'unité de mesure de la tension, le volt, dont les enfants n'auront aucun mal à comprendre l'origine !