

Le Tigre déconfiné

Le magazine du Comité de l'Histoire du Lycée Clemenceau de Nantes

Numéro 36 - Le 11 décembre 2022

La collection d'anciens matériels de physique s'est enrichie d'une pile de Grenet.

Par Gilbert Péron et Jean-Paul Bouchoux

Récemment, Gilbert Péron a fait don d'une pile de Grenet au lycée Clemenceau, où il a été professeur de sciences naturelles de 1962 à 1995, d'abord dans le secondaire puis, à partir de 1969, en math sup C (Prépa Agro).

Il nous explique ici les circonstances probables de l'arrivée de ce matériel dans sa famille.

Une pile de Grenet, un ajout appréciable à la collection de matériel ancien de sciences physiques du lycée.

Jean-Paul Bouchoux, professeur de sciences physiques en classes préparatoires (math sup puis MPSI) au lycée Clemenceau de 1972 à 2007, auteur déjà d'un numéro du *Tigre déconfiné*, nous dit tout sur cette fameuse pile.

Grand merci à Gilbert et à Jean-Paul, ainsi qu'à Jean-Michel Dubiez, longtemps coordonnateur des Fêtes de la Science au Lycée, tous les trois membres du Comité de l'Histoire.

Bonne lecture à tous et à toutes.

Jean-Louis Liters

Responsable de publication : J.-L. Liters jeanlouis.liters@gmail.com



**Gilbert Péron montrant la pile de Grenet
devant l'armoire des collections anciennes
dans la salle G303 du lycée Clemenceau**

Photo : Jean-Michel Dubiez

L'origine première de la pile Grenet déposée à Clemenceau est assez incertaine !

Conforme au modèle initial de l'inventeur Grenet (elle a été copiée, à quelques détails matériels près, par quelques autres fabricants, sous leurs noms), c'était la seule présentable d'un lot de 3, longtemps entreposé à Caen, dans la cave de l'appartement de mes beaux-parents, un couple d'instituteurs.

J'en ai disposé au bénéfice du Lycée Clemenceau, avec mon épouse née Line Mériel (agrégée de Sciences Naturelles, nommée au Lycée Guist'hau en 1964, au retour de mon service militaire). Elle en avait hérité lors de la vente de l'appartement de ses parents.

Ce matériel provenait de Louis Mériel, le grand-père de mon épouse, qui l'a bien connu et très apprécié, alors que, retraité très actif, il résidait à Courseulles-sur-Mer jusqu'à son décès au printemps 1961. Mes futurs beaux-parents y avaient été en poste, ils y ont résidé jusqu'à l'entrée de Line en 6^{ème}, et aussi aux grandes vacances.

Né en 1884, Louis Mériel, dernier enfant d'une famille de petits pêcheurs côtiers du Calvados, avait été reçu en 1899 au concours d'entrée de l'École Normale d'Instituteurs du département, où il fit ensuite toute sa carrière. Dans l'entre deux-guerres, il a été professeur de Sciences et Directeur du Cours Complémentaire (ou Ecole Primaire Supérieure ?) de garçons de Bayeux (puis directeur de l'École d'Application annexe de l'École Normale de Caen).

C'est pourquoi, je suppose, sans pouvoir l'affirmer, que ces piles peuvent provenir d'un équipement pédagogique abandonné de l'établissement de Bayeux, où un enseignement de Physique et Chimie était dispensé à partir d'un niveau 4^{ème} (je l'ai reçu à Nantes, au Collège Moderne - désormais Victor Hugo).

Gilbert Péron

Le matériel scientifique historique conservé au lycée Clemenceau

Notre collègue Gilbert Péron ayant eu la gentillesse de faire don au lycée Clemenceau d'une pile de Grenet que possédait sa famille, l'occasion est belle de revenir ici sur le matériel présent dans notre établissement, en liaison avec la production d'électricité avant le XXe siècle.

Le cahier N° 21 de « Notre mémoire », paru en mars 2010, relatait sous la plume de notre collègue Jacques Boulard, la démarche qui avait conduit une équipe de professeurs à proposer une première exposition de matériel scientifique ancien, au parloir, lors des journées du patrimoine en 1995. Le succès de l'opération les avait alors conduits à renouveler l'opération à plus grande échelle en 2008, lors du bicentenaire de l'ouverture du lycée, en exhumant notamment de certaines caves et en les remettant en état, des appareils du XIXe siècle, utilisés puis oubliés au fil du temps. Cette exposition avait eu lieu dans le gymnase du lycée. Elle comportait du matériel de chimie, de mécanique, de thermodynamique, d'optique et d'électricité.

Dans ce même numéro de « Notre mémoire » figuraient, outre une annexe exhaustive du matériel exposé, les descriptions détaillées de quelques appareils exceptionnels comme la grande machine électrostatique de Ramsden, la machine de Morin pour étudier la gravité ou la dynamo de Gramme à aimant ovoïde.

Dans le N° 2 du « Tigre déconfiné », en juin 2020, j'avais aussi proposé une description de deux appareils assez rares, le four à arc Ducretet-Lejeune et le galvanomètre de Bourbouze.

Nous aurons brièvement d'occasion de croiser à nouveau dans ce numéro la machine électrostatique de Ramsden et la machine de Gramme déjà citées, mais aussi la pile Daniell, tandis que nous tenterons de replacer la pile de Grenet dans l'histoire des générateurs électrochimiques au XIXe siècle.



Jean-Paul Bouchoux

La pile de Grenet dans l'histoire de l'électricité.

Avant le XIXe siècle, le domaine de l'électricité est uniquement celui de l'**électrostatique**.

Les phénomènes d'électrisation par frottement, influence ou contact sont connus depuis l'antiquité. Le nom même d'électricité est tiré du nom grec de l'ambre. On a distingué notamment l'électricité « résineuse » de l'ambre ou du soufre (on dit maintenant « négative ») et l'électricité « vitreuse » (développement de charges « positives » sur le verre).

On a perfectionné au XVIIIe siècle de belles machines comme celle de Ramsden (retrouvée en morceaux et reconstituée au lycée Clemenceau) et Charles Coulomb a réussi à fournir un cadre et des mesures pour la notion de « charge électrique ». Mais tout cela est resté assez confidentiel malgré la mode des « chocs électriques » qui attirent la haute société dans les cabinets de physique comme celui de l'abbé Nollet.

La notion de « courant électrique » n'existe pas vraiment : on connaît surtout les décharges brutales dues aux orages et aux tentatives risquées pour les domestiquer (invention du paratonnerre par Benjamin Franklin), ou les arcs électriques tirés de machines à frottement, voire de poissons électriques.

Seul temps cependant pour les grenouilles que le dernier quart du XVIIIe siècle : les études du physicien et médecin Luigi Galvani sur les contractions des muscles d'amphibiens, notamment par contact avec deux métaux différents, conduisent à de multiples expériences et donnent naissance à certaines controverses impliquant également le Lombard Alessandro Volta au sujet d'une supposée « électricité animale ».

Tout va changer avec la **pile de ce même Alessandro Volta en 1800**. La date de naissance de l'**électrocinétique** est facile à retenir, c'est celle du premier article de Volta décrivant son générateur.

Quelques notions essentielles concernant cette « pile » originelle.

Tout d'abord son nom : il s'agit d'une série de disques alternés zinc-cuivre qu'on soude et qu'on « empile » en les séparant par une rondelle de carton, feutre ou tissu, imbibée initialement d'une saumure (solution de chlorure de sodium) puis plus tard d'une solution d'acide sulfurique. On constate l'existence d'une différence de potentiel proportionnelle au nombre de sandwiches zinc-support humide-cuivre : elle est appelée « force électro-motrice : f.e.m. » et, si on relie les extrémités appelées pôles par un conducteur extérieur, il y a passage d'un courant électrique. Le pôle + est le cuivre, le pôle – le zinc.

Volta communique d'abord en 1800 avec la Royal Society de Londres pour rendre publique son invention qui aura un retentissement immédiat et international. La présentation de sa pile à l'Académie des Sciences de Paris en 1801 fit grosse impression sur Napoléon Bonaparte, qui n'était encore que premier Consul et éleva ensuite Volta au rang de sénateur de Lombardie (alors occupée par la France).

La gravure ci-contre est extraite du « Dictionnaire d'électricité et de magnétisme » publié en 1891 par notre lointain collègue Julien Lefèvre.

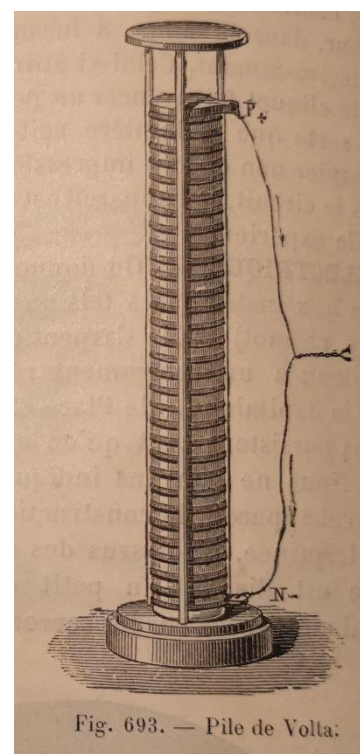


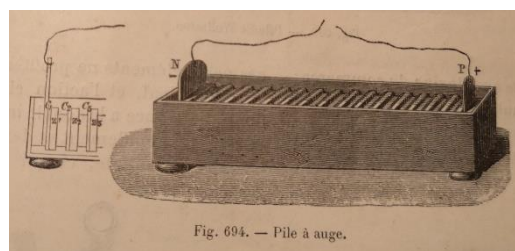
Fig. 693. — Pile de Volta:

Un sandwich donne une f.e.m. de l'ordre du « volt » (phrase anachronique, puisque les notions de tension et d'intensité seront introduites par Ampère seulement à partir de 1820 !) : c'est pour situer les ordres de grandeurs. Certaines très grosses piles auront plusieurs centaines d'éléments mis en série...

Très vite on s'apercevra des défauts inhérents à cette structure verticale : la solution (appelée « électrolyte ») a tendance à couler et les supports intermédiaires se dessèchent. De plus la f.e.m. diminue assez rapidement lorsque la pile débite, à cause d'un phénomène de modification des électrodes appelé « polarisation ». Les réactions chimiques au contact des électrodes forment notamment du di-hydrogène qui ne se dégage qu'en partie : le phénomène augmente aussi la résistance de l'ensemble.

Les autres dispositifs imaginés par la suite pour améliorer ces générateurs, garderont le nom de « piles » malgré une géométrie totalement différente.

Par exemple les premières piles dites « à auge », seront fabriquées dès 1802, telle celle décrite par la gravure ci-contre, extraite aussi du « *Dictionnaire d'électricité* » de Julien Lefèvre. La structure est horizontale et les électrodes y sont placées verticalement.



La compréhension des phénomènes en cause mènera petit à petit à quelques idées simples mais à des réalisations souvent délicates.

Dans tous les cas il y a **deux électrodes solides et conductrices**, au contact d'un **électrolyte liquide ou gélifié** au sein duquel des ions positifs et négatifs peuvent se déplacer, assurant le passage du courant électrique. Lorsque la pile débite un courant, des électrons se déplacent dans les fils extérieurs à la pile, et produisent deux réactions électrochimiques aux interfaces électrode-électrolyte : une oxydation à l'anode (pôle -) et une réduction à la cathode (pôle +). Suivant le type de pile, ce sont les électrodes elles-mêmes qui se transforment ou des éléments contenus dans la solution.

Par exemple, dans la pile de Volta, le zinc métallique s'oxyde et se transforme en ions Zn^{2+} qui passent dans l'électrolyte et dans le même temps, l'hydrogène de l'eau (H_2O) se réduit et devient du dihydrogène qui se dégage ou s'accumule au niveau de la surface du cuivre. Mais le cuivre lui-même ne participe pas à la réaction chimique. Une variante de cette pile remplaçait le cuivre par de l'argent, encore meilleur conducteur.

Dans les années qui suivront, on testera différents types d'électrodes et différents électrolytes. L'amélioration des piles suivra aussi la recherche de substances favorisant la dépolarisation des électrodes, ainsi que la modification de leurs surfaces.

En 1836 la **pile de Daniell** marquera un tournant dans l'histoire car elle est quasiment impolarisable.

Là encore les électrodes sont en zinc et en cuivre, mais les bains électrolytiques sont séparés : d'un côté une solution de sulfate de zinc (Zn^{2+} , SO_4^{2-}) où plonge l'électrode de zinc métallique, et de l'autre une solution de sulfate de cuivre (Cu^{2+} , SO_4^{2-}) où plonge celle de cuivre métallique. Les deux solutions sont en contact électrique grâce à une paroi poreuse, ou à un dispositif gélifié appelé « pont salin ».

Quand la pile débite dans un circuit extérieur, l'oxydation du zinc métallique Zn en Zn^{2+} se produit à l'anode (et la solution de sulfate de zinc se concentre) alors que les ions cuivre Cu^{2+} sont réduits en cuivre métallique Cu qui se dépose sur la cathode en cuivre, tandis que la solution de sulfate de cuivre voit sa concentration diminuer.

Il est à noter que la f.e.m. est relativement constante, de l'ordre de 2 V, tant que la concentration en ions Cu^{2+} ne diminue pas trop.

Au lycée Clemenceau, on utilisait encore récemment un modèle à vase poreux pour des démonstrations faites aux élèves : cf photo ci-contre.



La pile de Grenet, que notre collègue Gilbert Péron a offerte au lycée Clemenceau, s'inscrit dans cette longue histoire de la recherche d'une meilleure efficacité des générateurs électrochimiques de courant continu au XIXe siècle, à une époque où la chimie se développe d'un point pratique mais où la notion d'atome est très hypothétique et sa structure totalement inconnue.

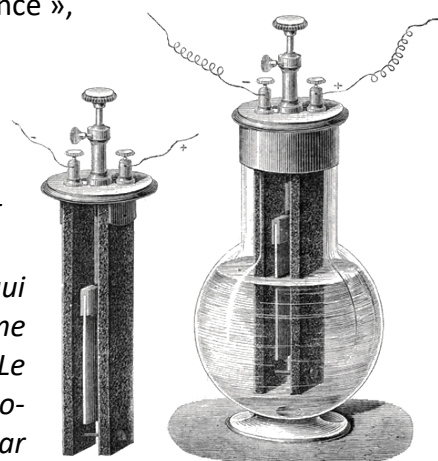
Louis Figuier (1819-1894) est bien connu pour ses multiples ouvrages de vulgarisation scientifique, publiés pendant toute la seconde moitié du XIXe siècle.

Dans une des dernières éditions de ses « Nouvelles conquêtes de la Science » vers 1890, on lit que c'est le chimiste allemand Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) qui, le premier, proposa le « *bichromate de potasse* » - ancien nom du *dichromate de potassium* $K_2Cr_2O_7$ - pour fabriquer une pile. En 1842, le physicien allemand Johan Christian Poggendorff (1796-1877) publia un mémoire détaillé sur ce type de pile et en 1850 il proposa un modèle à un seul électrolyte formé d'une solution d'acide sulfurique et de dichromate de potassium, toujours avec des électrodes de zinc et de cuivre, mais les résultats n'étaient pas très favorables car le courant diminuait très rapidement à cause, semble-t-il, de la formation d'un oxyde de chrome non conducteur Cr_2O_3 qui se déposait sur les électrodes. Il fut proposé ensuite de remplacer le cuivre par du charbon (le carbone y est sous forme de graphite, conducteur électrique et poreux).

La Pile de Grenet, dite aussi **pile bouteille**, aurait été développée dès 1856 à partir des travaux de Poggendorff. M. Eugène Grenet (ingénieur électricien) a eu l'idée d'envoyer de l'air dans le liquide pour éviter les dépôts d'oxyde de chrome. Il avait d'abord donné à son générateur la forme d'une pile à auges, avec les électrodes disposées dans des rainures, puis sa forme définitive, plus pratique, fut adoptée.

Dans un autre ouvrage de Louis Figuier (« Les Merveilles de la Science », tome 1 des suppléments en 1891), on lit :

« Après avoir établi, au sein du liquide excitateur, un système de ventilation, pour empêcher l'oxyde de chrome de se déposer sur le charbon, M. Grenet donna, finalement, à la pile au bichromate de potasse la disposition suivante. Un flacon à large ouverture est fermé par un couvercle en ébonite, auquel sont fixées deux plaques de charbon. Entre ces plaques, et maintenue par une tige mobile, qui traverse le couvercle, se trouve une lame épaisse de zinc, de même largeur que les charbons, mais à peu près moitié moins longue. Le flacon est rempli aux deux tiers d'une solution de bichromate de potasse à 10 p. 100, additionnée de 20 grammes d'acide sulfurique par litre. Quand la pile est au repos, le zinc se trouve un peu au-dessus du



liquide où plongent constamment les deux charbons. Il faut, pour la mettre en activité, abaisser la tige mobile jusqu'à ce que le zinc vienne baigner dans la solution de bichromate. La pile Grenet, qu'on appelle quelquefois encore pile à bouteille, [...] s'emploie surtout pour les expériences de laboratoire. Elle présente sur les autres l'avantage d'être toujours prête, de se régler facilement et de ne dégager aucune odeur. Par-contre, elle se polarise très vite, à cause de la formation d'un alun de chrome sur le charbon ; de sorte qu'elle perd, en quelques heures, toute son énergie. ».

Un alun de chrome est un sulfate double de potassium et de chrome $KCr(SO_4)_2$.

On peut comprendre les problèmes de polarisation posés en remarquant que lorsque la pile débite,



le zinc s'oxyde à l'état d'ion Zn^{2+} qui passe en solution, comme pour une pile Volta ou une pile Daniell, mais à la surface des électrodes de charbon, l'ion dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ se transforme en ion chrome (III) Cr^{3+} (par réduction de l'élément chrome) : une bonne agitation permet au milieu acide de dissoudre l'oxyde de chrome par réaction chimique, mais pas le sulfate...qui encrasse petit à petit le carbone graphite assez poreux.

Sur ces 2 clichés (de J-P. Bouchoux et J-M. Dubiez) on voit à gauche l'électrode de zinc relevée et à côté l'électrode en position basse. Il manque le liquide électrolytique.

Un brevet a été publié en Septembre 1859 pour les piles système Grenet (US Patent Office, Patent No. 25,503, Sep. 1859).

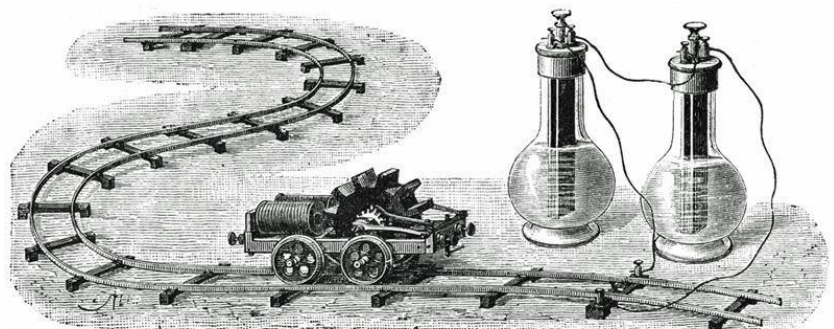
Généralement, la pile Grenet était disponible en différentes tailles : 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 et 2 litres, ainsi que de plus grandes tailles de 4 et 6 litres. Celle du lycée Clemenceau mesure environ 40 cm de hauteur et son volume intérieur peut être estimé à 4 L, c'est donc un modèle de belle taille.

La force électromotrice d'un élément est nominalement de 2.06 V, mais varie entre 1.92 et 2.20 V.

La pile « au bichromate » a été produite par des fabricants différents dont Péricaud, Paul Rousseau et Cie, Ducretet et Lejeune (Pile à treuil) et beaucoup d'autres sociétés, jusqu'au début du 20ème siècle. Comme dit dans l'article déjà cité, elle a beaucoup servi pour des travaux de laboratoire, mais fut également commercialisée pour des jouets électriques, et aussi en associant plusieurs piles en série pour obtenir des f.e.m. plus importantes.

Ci-contre :

Une gravure extraite du livre de Julien Lefèvre : « L'électricité à la maison » 1889.



Locomotive électrique, avec 2 piles Grenet montées en série

Source : site « Le Compendium »

C'est aussi une pile de Grenet qu'on voit au premier plan sur la célèbre gravure ci-contre, représentant Thomas Edison parlant dans son phonographe.

Source : site « *Le Compendium* »



Une géométrie différente, mettant en batterie une grande quantité de piles, et un dispositif très lourd d'alimentation en électrolyte et en air comprimé pour agiter les solutions, a même permis d'éclairer de vastes locaux comme le Comptoir d'Escompte de Paris, mais leur emploi fut bientôt abandonné au bénéfice de générateurs à machines tournantes, de type « alternateur » ou « dynamo » (comme la machine de Gramme) beaucoup plus pratiques.

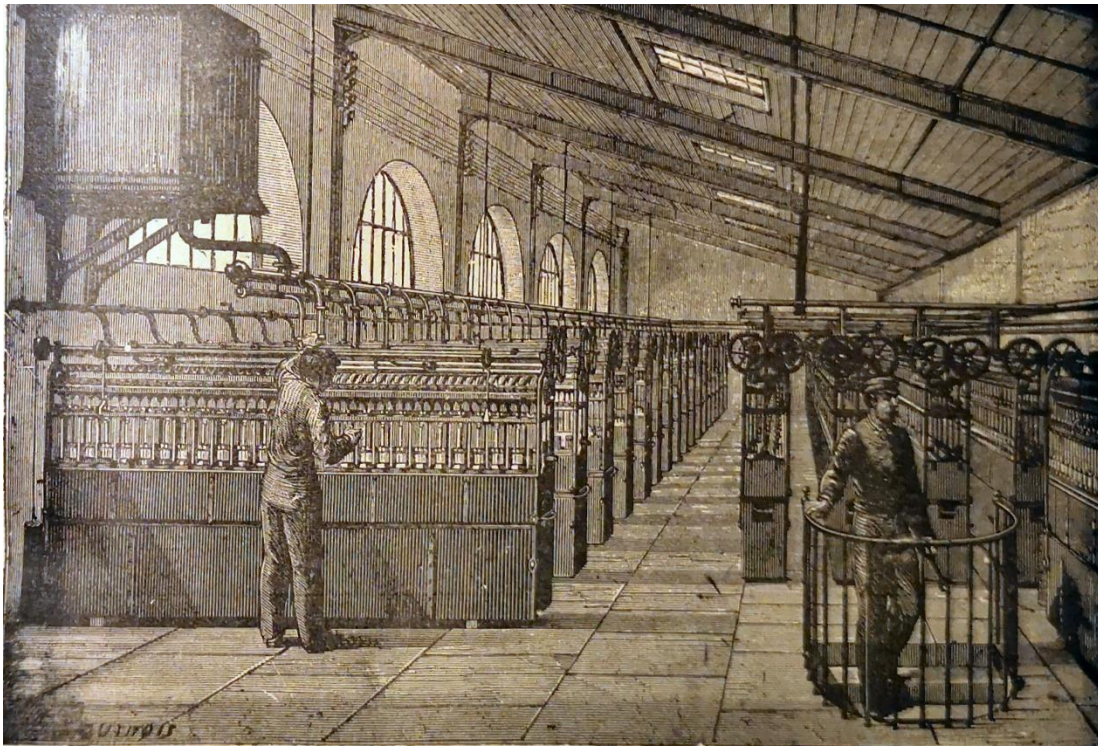


Fig. 61. — L'atelier des piles au bichromate de potasse, au Comptoir d'Escompte, à Paris.

Gravure extraite des « *Nouvelles conquêtes de la science* » de Louis Figuier, vers 1890.