The background features a detailed engraving of a historical scientific experiment, likely the Franklin kite experiment, showing several figures in 18th-century attire gathered around a table. A large, bright lightning bolt strikes the ground on the right side of the image, illuminating the scene. The overall tone is monochromatic and historical.

Volt (a)

de l'étincelle à la pile

Exposition

Sommaire

Introduction générale	3
L'Électricité atmosphérique	4
1- Le paratonnerre	4
2- La maison en tôle pour les essais sur les effets de la foudre	4
3- Le sabre foudroyé	5
4- Les pièces de monnaie fondues par la foudre	5
Le cabinet électrique	6
5- L'excitateur universel de Henley	6
6- Le planétaire électrique	7
7- Les matras étincelants	7
8- Le tourniquet électrique	7
9- La bouteille de Leyde décorative	8
10- Le tabouret isolant avec pieds en verre	9
11- Les peaux de chat	9
12- La fontaine électrique	9
13- La canne électrique	9
Volta et son temps	10
<i>Les effets des décharges électriques</i>	<i>10</i>
14- Le petit excitateur	10
15- Le tube pour la décharge dans le vide	10
<i>Les appareils de mesure</i>	<i>11</i>
16- L'eudiomètre avec tige graduée	11
17- La bouteille électrométrique de Lane	11
18- L'électroscope de Saussure	12
19- L'électromètre de Henley	12
20- L'électrophore perpétuel	12
21- L'électroscope de Saussure	12
<i>Les expériences</i>	<i>13</i>
22- Les résultats de la volatilisation des fils métalliques	13
23- L'excitateur à charnière et à manche de verre	13
Volta	14
24- Le pistolet électrique de Volta	14
25- Le pistolet en verre de Volta	14
26- Les éléments de pile voltaïque	15
27- La pile à colonne de Volta	15
28- Le condensateur de Volta à deux conducteurs isolés	16
La pile aujourd'hui	17

Volt(a) de l'étincelle à la pile

INTRODUCTION GENERALE

Dans le courant du XVIIIème siècle, les recherches sur l'électricité connaissent une accélération et un succès grandissants. De nombreux phénomènes et découvertes suscitent l'enthousiasme des savants bien sûr, mais également du grand public séduit par l'aspect bien souvent spectaculaire des expériences.

Pour découvrir les expériences sur lesquelles se fondent nos connaissances actuelles en électricité, l'Espace des sciences vous invite à un fascinant voyage dans le temps, sur les traces de Volta et de ses contemporains.

De l'étincelle...

Vous assisterez aux plus spectaculaires et aux plus dangereuses expérimentations réalisées dans les cabinets de curiosités et les salons scientifiques : depuis la production d'étincelles électriques par les machines utilisant le frottement jusqu'aux expériences historiques pour capter la foudre.

Devenez les témoins de l'ingéniosité et de l'inventivité des physiciens de ce siècle pour maîtriser et comprendre le feu électrique.

...à la pile

Personnage emblématique du XVIIIème siècle, Volta marque par l'invention de la pile, l'aboutissement de cette période extrêmement riche dans l'histoire des sciences.

L'ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE

La foudre, l'un des phénomènes naturels les plus impressionnants, a depuis toujours suscité la frayeur et la curiosité des hommes. Dans l'Antiquité, elle était considérée comme une manifestation divine ou surnaturelle. Dans les mythologies européennes, le maître des dieux utilise la foudre comme symbole de sa divinité. Zeus chez les Grecs et Jupiter chez les romains, envoient la foudre sur terre pour punir les hommes de leurs blasphèmes. Thor, chez les anciennes peuplades germaniques, a une barbe rousse qu'il secoue dans ses moments de colère et d'où s'échappe alors la foudre.

Au XVIème siècle, les physiciens identifient les décharges électriques en forme d'aigrettes, appelées " feux de saint Elme " par les marins, qui apparaissent aux sommets d'aspérités ou de pointe, juste avant un orage.

Ce n'est qu'au XVIIIe siècle que la nature électrique de la foudre est démontrée. En effet, au cours de ce siècle, les recherches sur l'électricité sont fructueuses en Europe. Elles se poursuivirent en Amérique avec Benjamin Franklin et ses travaux sur la foudre. Par la suite, les expériences sur l'électricité atmosphérique sont nombreuses dans d'autres pays, mais le danger reste souvent sous-estimé. Le professeur de physique russe Richmann sera ainsi victime de la foudre, attirée dans son laboratoire, en 1753.

Capter la foudre

Benjamin Franklin est un des premiers scientifiques à avoir entrevu que les étincelles électriques, fabriquées en laboratoire par frottements avec des machines électrostatiques, sont de même nature que la foudre. La couleur de l'étincelle électrique, son mouvement en ligne brisée, le bruit de sa décharge et les effets de son action (commotions, foudroiements de petits animaux) suggère à Franklin l'analogie avec l'éclair. Il reste à démontrer cette hypothèse.

Quelques scientifiques, dont le français Dalibard (traducteur des lettres de Franklin), reprennent ses travaux et arrivent à produire des étincelles, par temps d'orage, grâce à l'électricité atmosphérique collectée par une tige pointée vers le ciel. Franklin obtient le même résultat avec un cerf-volant attirant la foudre, en 1752.



1- Le paratonnerre (XIXe siècle)

En 1760, afin d'éviter qu'un édifice soit foudroyé, B. Franklin plaça une tige de fer sur son toit. L'électricité atmosphérique, captée par cette tige, pouvait rejoindre le sol en passant par un conducteur métallique.

Ce paratonnerre, en fer, est inséré sur une petite charpente en bois qui reproduit le sommet d'un toit. Il ne diffère pas énormément de ceux qui s'emploient encore de nos jours.



2- La maison en tôle pour les essais sur les effets de la foudre (Fin XVIIIe siècle)

Cette petite maquette de maison utilisait le principe du paratonnerre pour attirer sur elle la foudre. L'éclair, au lieu d'être conduit jusqu'à la terre, suivait un fil conducteur et servait à mettre le feu à une charge de poudre à fusil. La maison, dont le toit et les murs étaient construits de façon à tomber facilement, s'effondrait sous l'impact de l'explosion.

Les effets de la foudre

Le cumulonimbus est le nuage « usine » à éclairs.

En se frottant, les particules de neige, de glace et d'eau contenues dans le nuage s'électrisent. Les plus légères, chargées positivement, sont portées vers le haut du nuage, alors que les plus lourdes, chargées négativement, se placent à la base du nuage. La présence de ces charges négatives dans la partie inférieure du nuage provoque l'apparition d'un champ électrique entre le nuage et le sol, qui peut s'élever jusqu'à 5 000 V/m.

Les charges négatives se propagent vers le sol, créant des chemins conducteurs de l'électricité dans l'air : les traceurs. Parallèlement, des traceurs positifs ascendants se forment depuis le sol. Lorsque deux traceurs se rejoignent, il y a ouverture d'un chemin conducteur de 2 ou 3 cm de diamètre entre le sol et le nuage dans lequel un courant se propage à une vitesse de 100 000 km/s. C'est ce qu'on appelle le coup de foudre. La durée de tout ce processus est de 20 à 50 ms.

Le courant électrique chauffe les gaz de l'air à des températures suffisantes pour les rendre lumineux. Cette augmentation rapide de la température cause une explosion de l'air : c'est le tonnerre. Les éclairs se succèdent jusqu'à ce que le nuage se décharge de toute l'électricité accumulée.

3- Le sabre foudroyé (Dernier quart XVIIIe siècle)



Le courant électrique chauffe les gaz de l'air, autour de l'éclair, à des températures pouvant atteindre 20 000 à 30 000°C, créant une explosion qui induit une onde de choc sonore appelée tonnerre.

Sur la lame de ce sabre foudroyé, il est possible de voir des gouttelettes de métal fondu par la chaleur produite au cours de la décharge.

4- Les pièces de monnaie fondues par la foudre (XIXe siècle)



La chaleur de la foudre peut faire fondre le sol siliceux qu'elle rencontre pour former un « caillou » de verre du nom de « fulgurite ». Au Moyen Âge, les gens se promenaient avec une de ces pierres dans leur poche pour se protéger des éclairs.

Ces monnaies ont été partiellement fondues par la chaleur dégagée par le courant électrique de la foudre.

LE CABINET ELECTRIQUE

Vers 1750, l'électricité et ses manifestations étonnantes suscitent une véritable mode dans les salons européens. Les cabinets de curiosités que possèdent un grand nombre de nobles, voient des machines électriques s'ajouter à leur microscopes, télescopes, collections de coquillages et herbiers.

Ces expériences, essentiellement qualitatives, sont souvent basées sur la perception sensorielle des phénomènes : craquements d'étincelles, aigrettes colorées de décharges dans le vide, contractions musculaires. De nombreuses expériences de divertissements voient le jour dans les salons. Les dames et les gentilshommes n'hésitent pas à se faire suspendre au plafond par des cordes isolantes ou à grimper sur un tabouret isolant pour être chargés par les machines électriques. Ainsi électrisés, ils peuvent tirer des étincelles de leurs doigts avec lesquels ils enflamment de l'esprit de vin, ou se donner un excitant baiser électrique.

Si les expériences électriques peuvent servir de prétexte pour organiser des soirées mondaines, elles reflètent aussi un intérêt sincère pour l'électricité et contribuent à faire connaître en Europe les dernières découvertes scientifiques. Parmi les savants de l'époque, l'abbé Nollet, physicien et électricien, est l'un des maîtres dans l'art des expériences. Grâce aux gravures de ses traités, le goût pour la science expérimentale se développe et sera à l'origine d'importantes collections de physique, au siècle des Lumières.

Les premiers générateurs électrostatiques

Les expériences réalisées dans les salons ou les cabinets de curiosités nécessitent l'utilisation de générateurs électrostatiques : une boule en matière isolante (verre, soufre, résine...) est électrisée par frottement de la main nue ou à l'aide d'un coussinet en cuir. Les charges produites sont accumulées sur un conducteur, isolé du sol, et dont la nature est déjà l'occasion de bien des fantaisies : simple barre métallique, canon de fusil ou êtres humains sont suspendus par des fils isolants, posés sur des colonnes de verre ou juchés sur des tabourets aux pieds de verre.

Quoiqu'il en soit, chaque conducteur a sa propre capacité (proportionnelle à ses dimensions), et une étincelle finit par jaillir lorsque le conducteur est approché d'un autre élément relié au sol.

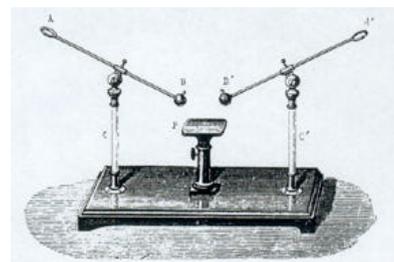
Si ce conducteur se termine par une pointe effilée, on remarque l'apparition d'un « vent électrique » qui peut courber la flamme d'une bougie. C'est ce même phénomène qui permet de faire tourner un tourniquet électrique.

5- L'excitateur universel de Henley (Fin XVIII^e siècle, cabinet du physicien Charles)



Pour faire passer facilement la décharge d'une batterie au travers des corps solides, on employait ordinairement l'excitateur universel. L'excitateur est formé de 2 tiges métalliques, portées par des colonnes isolantes, et pouvant s'incliner et glisser dans leurs montures.

Entre les extrémités des tiges, reliées aux pôles d'une machine électrostatique ou d'une batterie de bouteille de Leyde, une étincelle pouvait jaillir. Entre les électrodes, on plaçait par exemple un fil métallique à vaporiser, un petit oiseau à foudroyer ou d'autres objets d'expériences.



6- Le planétaire électrique (Fin XVIIIe siècle, cabinet du physicien Charles)



Un disque de verre sur lequel est collé un anneau en feuille d'étain, que l'on pouvait relier à la terre, porte une couronne circulaire métallique. Le disque est fixé à une colonne isolante. Quand la couronne était en communication avec une machine électrique, une boule légère de verre soufflé (manquante) posée sur le disque tournait sur elle-même et le long de la couronne. Le double mouvement était provoqué par les phénomènes de répulsion et d'attraction électrostatique.

7- Les matras étincelants (Fin XVIIIe siècle, cabinet du physicien Charles)



Dans ces deux vases recouverts en partie d'une armature extérieure en feuille d'étain, et avec un bouchon en laiton muni d'une soupape, il était possible de faire le vide à l'aide d'une pompe pneumatique. La décharge d'une machine électrique produisait à l'intérieur de ces matras des lueurs électriques simulant les effets d'une aurore boréale d'où le nom anglais de « aurora flasks ».

8- Le tourniquet électrique (Début XIXe siècle, construit par Hyppolite Pixii)



Ce tourniquet est mobile sur un petit pivot métallique, isolé du sol, que l'on faisait communiquer avec une source continue d'électricité, par exemple au moyen d'une chaîne métallique.

Quand il était relié à une machine électrique, les charges accumulées sur les pointes s'écoulaient dans l'air qui se chargeait donc de la même façon. Il se créait une répulsion entre les pointes et l'air qui mettait en rotation le mobile dans la direction opposée aux pointes, c'est-à-dire dans le sens des flèches sur la figure.



Des générateurs plus puissants

Une expérience douloureuse, réalisée de manière fortuite par un magistrat de la ville de Leyde et le chanoine polonais Von Kleist va révolutionner les expérimentations électriques. Ce protocole parvient jusqu'au naturaliste Réaumur et son assistant, l'abbé Nollet en ces termes : « Je veux vous communiquer une expérience nouvelle mais terrible, et que je ne vous conseille pas de tenter vous même ». La tige conductrice de la machine électrostatique est plongée dans une bouteille d'eau en verre tenue d'une main par l'expérimentateur qui, après un temps de charge, va toucher la tige de son autre main . « Tout à coup ma main droite fût frappée avec tant de violence, que j'eus tout le corps ébranlé comme un coup de foudre (...). En un mot, je croyais que s'en était fait de moi ».

Toutefois, Nollet s'empresse de reproduire l'expérience qui fait le tour de l'Europe et devient incontournable : en effet, la « bouteille de Leyde » permet d'accumuler l'électricité, de la conserver quelques jours et de la transporter facilement : c'est le premier condensateur.

Cet élément va remplacer les encombrants générateurs électrostatiques dans les salons et permettre des décharges plus puissantes et donc des expériences plus spectaculaires.

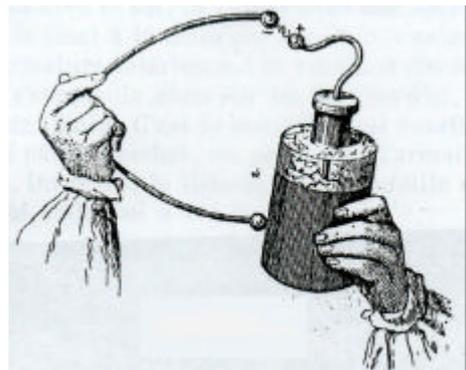
9- La bouteille de Leyde décorative (Fin XVIII^e siècle, cabinet du physicien Charles)



Cet objet était plus une curiosité de salon qu'un véritable instrument scientifique. Il s'agit d'une bouteille de Leyde dont l'armature extérieure est composée d'un cylindre de laiton tandis que l'armature intérieure est cachée par une statuette décorative qui surmonte l'appareil.

A l'origine, la bouteille de Leyde était constituée d'une tige conductrice pouvant être reliée à une machine électrostatique et plongée dans une bouteille en verre remplie d'eau. La tenant d'une main, et après un temps de charge, l'expérimentateur pouvait créer une étincelle en approchant son autre main de la tige.

La bouteille de Leyde peut se décharger lentement ou instantanément. Pour la décharger instantanément, on la tenait à la main, et l'on mettait en communication les deux armatures à l'aide de l'excitateur simple, en ayant soin de toucher l'armature qu'on tenait à la main, sinon, on recevait la commotion. Pour la décharger lentement, on l'isolait sur un gâteau de résine, et l'on touchait alternativement, avec la main ou avec une tige de métal, l'armature intérieure, puis l'armature extérieure, et ainsi de suite, tirant à chaque contact une étincelle faible.



10- Le tabouret isolant avec pieds en verre **(Fin XVIIIe siècle)**



Il servait à isoler une personne du plancher. Quand la personne se trouvait sur l'un de ces tabourets et était en contact avec le conducteur d'une machine électrique, elle pouvait se charger électriquement : ses cheveux se dressaient alors dans l'air, elle pouvait enflammer de l'esprit de vin... En s'approchant d'une autre personne, elle pouvait aussi lui donner un « baiser électrique ».



11- Les peaux de chat **(Début XIXe siècle, préparées par H. Pixii)**

Les peaux de chat servaient à électriser par frottement des barres de verre, de soufre ou d'autres matériaux isolants utilisés dans les expériences électrostatiques.



12- La fontaine électrique **(Fin XVIIIe siècle)**

Ce petit récipient en laiton, dans lequel on versait de l'eau, pouvait être suspendu au conducteur d'une machine électrique. L'eau, ainsi électrisée, produisait en sortant de fines gouttelettes qui, ayant la même charge électrique, se repoussaient.



13- La canne électrique **(Début XIXe siècle)**

Cette canne en corne d'hippopotame pouvait s'électriser en la frottant avec une peau de chat ou un morceau de tissu.

VOLTA ET SON TEMPS

Les effets des décharges électriques

Au XVIIIème siècle, l'électricité est étudiée essentiellement d'un point de vue qualitatif et phénoménologique. Des condensateurs sont chargés par des machines électrostatiques puis déchargés à l'aide d'excitateurs de formes diverses. Les étincelles ainsi produites permettent de montrer les effets des décharges électriques.

En 1776, Franklin découvre le méthane et les expériences de décharges dans le vide. Ces décharges électriques provoquent des effets lumineux spectaculaires, comme le permettent les « aurora flasks » anglaises ou les « œufs électriques ». Ces expériences feront évoluer l'étude des gaz et de leur pression.

14- Le petit exciteur

(Début XIXe siècle, , cabinet du physicien Charles)



Cet appareil est formé de 2 électrodes portées par des colonnes isolantes en verre. Les électrodes étant reliées aux 2 bornes d'une bouteille de Leyde, il était possible de faire éclater une étincelle entre la pointe et le disque. Cette étincelle permettait d'étudier les effets mécaniques produits par le passage de l'électricité. Par exemple, on faisait passer la décharge à travers un morceau de bois bien sec pour le voir voler en éclat.

15- Le tube pour la décharge dans le vide

(Début XIXe siècle)



Ce tube en verre est muni de deux électrodes de laiton, l'une en forme de pointe et l'autre en forme de boule. L'air était évacué du tube par une machine pneumatique qui se vissait sur le robinet en laiton. On reliait alors les électrodes à une bouteille de Leyde pour observer les modifications de la lueur électrique selon la pression de l'air (elle était pourpre dans le vide) ou la nature du gaz (elle était rouge dans l'hydrogène, verte dans la vapeur de mercure...).

Les appareils de mesure

Au début du XIX^{ème} siècle, les expériences étudiant les effets calorifiques, lumineux, chimiques, mécaniques et physiologiques de l'électricité perdent de l'importance avec la mathématisation de l'électricité initiée par Franklin. Le problème principal devient la mesure de la « force » électrique.

Que mesure-t-on exactement ? En effet, les grandeurs fondamentales telles que la tension, la capacité ou la charge électrique ne sont pas encore définies.

Des dizaines d'appareils électrométriques sont proposées, se basant essentiellement sur trois critères : la répulsion électrostatique, la longueur ou la fréquence des étincelles, l'échauffement produit par la décharge.

Malgré leurs imperfections, beaucoup d'instruments du XVIII^{ème} siècle survivront en tant qu'appareils de démonstration dans l'enseignement, du fait de leur simplicité.

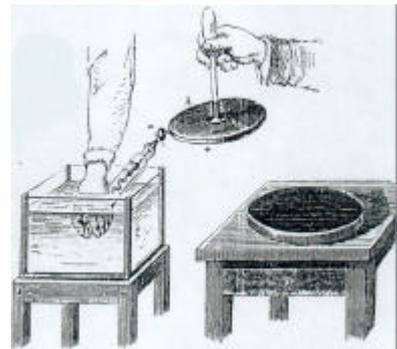
C'est en améliorant le principe de l'électromètre pour en faire un instrument de mesure très précis, que Volta acquiert tout d'abord sa réputation.

16- L'eudiomètre avec tige graduée (Milieu du XIX^e siècle)



L'eudiomètre de Volta est un instrument qui permettait de mesurer la quantité d'oxygène contenu dans l'air.

Cet appareil fonctionnait posé dans une cuve remplie d'eau. A l'intérieur de la chambre ovoïdale, la combustion explosive d'un mélange d'air avec un excès d'hydrogène était déclenchée par une étincelle électrique, produite en reliant les deux électrodes de l'appareil à un condensateur. Une éprouvette graduée était vissée sur la chambre et permettait de mesurer la quantité de gaz restée après l'explosion.



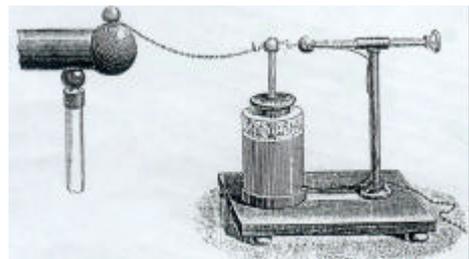
17- La bouteille électrométrique de Lane (Fin XVIII^e siècle, cabinet du physicien Charles)



Elle consiste en une bouteille de Leyde dont l'armature intérieure est mise en communication par un cordon métallique avec une source électrique dont on veut connaître le débit.

L'armature externe de la bouteille de Leyde est reliée à une électrode horizontale graduée qui glisse sur une colonne. La longueur de l'étincelle qui éclatait entre la sphère de l'électrode et celle de la tige, en communication avec l'armature interne de la bouteille,

permettait d'estimer la quantité d'électricité accumulée. Cet électromètre fut proposé par Timothy Lane en 1766.



18- L'électroscope de Saussure (Fin XVIIIe siècle, cabinet du physicien Charles)



Cet appareil est un bocal de verre, reposant sur un plateau en laiton, et dont le goulot est fermé par un bouchon recouvert d'un vernis à la gomme laque, ainsi que toute la partie supérieure du bocal. Dans le bouchon passe une tige de laiton terminée à l'extérieur par une boule, de même métal, et à l'intérieur par deux feuilles d'or battu très légères.

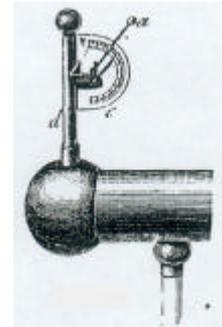
Cet appareil était utilisé pour mesurer le potentiel électrique de l'air ou d'un objet appliqué sur la boule. Par influence, les feuilles d'or se chargeaient de la même façon que l'objet ou que l'air à proximité de la boule. Les 2 feuilles d'or, ayant une charge identique, se repoussaient. L'écartement des feuilles était en rapport avec le potentiel électrique de l'objet ou de l'air.



19- L'électromètre de Henley (Début XIXe siècle)



Cet appareil, proposé par William Henley en 1770, est constitué d'une légère tige mobile (manquante) pivotant au centre du cadran et pouvant tourner sous l'action répulsive d'une charge électrique. Cet instrument, peu précis, était utilisé pour estimer la quantité d'électricité accumulée par une bouteille de Leyde ou fournie par une machine électrique. Pendant la charge de la machine, l'aiguille divergeait jusqu'au moment où la tension maximale était atteinte.



20- L'électrophore perpétuel (XIXe siècle)



Cette plaque métallique munie d'un manche en verre isolant était accompagnée d'une galette de résine. La galette pouvait se charger négativement par frottements. Lorsque l'on posait la plaque métallique par dessus, ses charges négatives étaient repoussées par celles de la galette. Le dessous de la plaque se chargeait donc positivement et le dessus négativement. En reliant le dessus de la plaque à la terre, par simple contact, ses charges négatives pouvaient fuir. On obtenait ainsi une plaque, totalement chargée positivement, que l'on pouvait conserver, transporter et utiliser librement. Ce processus de chargement et de déchargement pouvait se répéter à l'infini.

21- L'électroscope de Saussure (Milieu du XIXe siècle)



Cet instrument, construit vers 1850, reproduit exactement un type d'électroscope du XVIIIème siècle. Deux pendules très légers terminés par des balles de sureau sont suspendus à une électrode en crochet, à l'intérieur d'une cloche de verre. En chargeant l'électrode, les pendules divergeaient. Les bandelettes d'étain placées sur la clochette évitaient que les charges s'accumulent sur le verre.

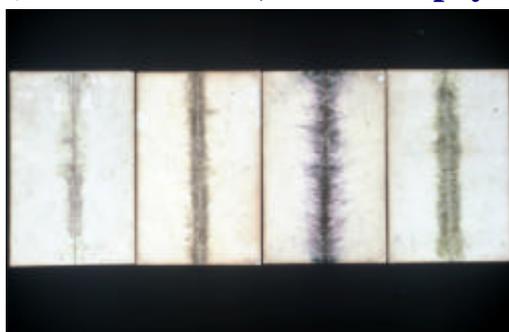
Les expériences

Au cours du XVIIIème siècle, les savants rivalisent de fantaisie et d'ingéniosité pour proposer de nouvelles démonstrations et pour concevoir de nouvelles expérimentations pour tester le « feu » électrique. Les effets produits par le passage de l'électricité sont divisés en effets mécaniques, calorifiques, lumineux, chimiques et même physiologiques lorsqu'il s'agit d'étudier les conséquences de décharges traversant le corps des animaux.

A la fin du XVIIIème siècle, les électriciens disposent donc de dizaines d'instruments divers qui deviennent souvent des appareils didactiques dont l'utilisation continuera dans les écoles et les universités jusqu'au début du XXème siècle.

22- La volatilisation des fils métalliques : fil d'argent, de cuivre rouge, d'or et de platine

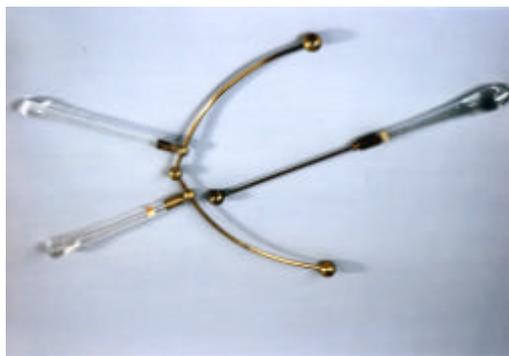
(Fin XVIIIe siècle, cabinet du physicien Charles)



Des fils de soie recouverts en surface par différents métaux étaient tendus entre les branches d'un excitateur. La décharge électrique laissait le fil de soie (non-conducteur) intact et passait tout entière par la mince couche de métal. Le métal était sublimé (transformé en gaz) sous l'effet de la chaleur et les vapeurs produites se condensaient sous forme de poussières noirâtres sur la feuille de carton placée derrière.

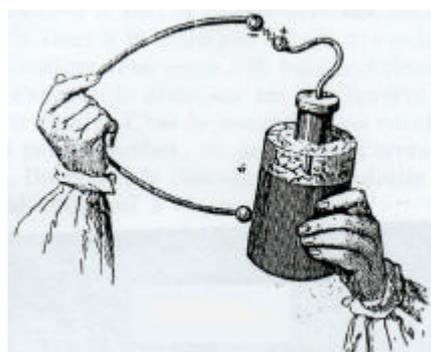
23- L'excitateur à charnière et à manche de verre

(Fin XVIIIe siècle, cabinet du physicien Charles)



Un condensateur pouvait être déchargé à l'aide d'un excitateur de ce type. Celui-ci est composé de deux arcs en laiton articulés par une charnière et il est terminé par deux boules en laiton.

L'expérimentateur pouvait tenir ces arcs grâce aux manches en verre isolant. Il appliquait alors une des boules sur une plaque du condensateur et approchait l'autre boule de la seconde. Une forte étincelle était alors produite: c'est la décharge instantanée.



Volta

Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta est né à Come, en Italie, le 18 février 1745, de famille noble, mais relativement pauvre. Sa petite enfance n'est pas celle d'un prodige, il ne parle pas avant l'âge de 4 ans et sa famille est convaincue qu'il est attardé. Mis à l'école publique, il va cependant rapidement combler son retard, et, adolescent, il se tourne vers la physique. Volta est particulièrement fasciné par le phénomène à la mode : l'électricité. Il commence une correspondance avec l'abbé Nollet qui a ouvert vers 1750 un cours de physique expérimental au collège de Navarre à Paris et qui jouit d'une grande notoriété en Europe. En 1774, Volta est nommé professeur de physique au collège royal de Côme et invente l'année suivante l'électrophore perpétuel. Il va alors beaucoup voyager. Son périple suit un itinéraire scientifique qui s'inscrit dans une pratique courante de l'Europe des Lumières. En 1777, il visite l'Europe et rencontre Horace Bénédicte de Saussure (naturaliste et physicien suisse), inventeur d'un électromètre auquel Volta va rajouter une graduation. Entre 1780 et 1782, il va rencontrer, en France, Antoine Lavoisier et Pierre-Simon Laplace avec qui il étudiera l'électricité atmosphérique. Le fait majeur de sa vie implique non pas l'électricité statique, mais l'électricité dynamique avec l'invention de la pile à colonne. Cette invention porte la gloire de Volta à son sommet. Il est appelé en France par Napoléon en 1801 pour une démonstration de ces expérimentations à l'Institut.

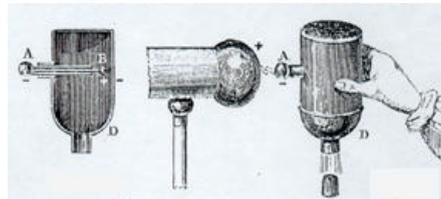
Pistolets

En 1776, Volta montrait l'existence de « l'air combustible des marécages », il s'agit en fait du méthane. Après sa découverte, il imagine le pistolet électrique, qui permet toute une série de nouvelles expériences. Cet appareil, qui ne prend pas seulement la forme du pistolet mais aussi celles d'un fusil, d'un canon ou d'un mortier, permet de faire exploser des gaz (souvent des mélanges d'air, d'hydrogène ou de méthane) à l'aide d'étincelles. Le pistolet se prête particulièrement bien à l'invention de nouveaux divertissements électriques. Volta lui-même s'amuse à faire exploser des charges dans les poches de gentilshommes. De cet appareil dérive aussi une autre invention du savant italien : l'eudiomètre électrique.

24- Le pistolet électrique de Volta (Fin XVIII^e siècle, cabinet du physicien Charles)



Ce petit canon en laiton avec un manche en bois reproduit approximativement la forme d'un pistolet. Le mélange de gaz détonnant dont il était rempli s'enflammait grâce à une étincelle électrique. L'explosion des gaz projetait le bouchon qui fermait la bouche du pistolet et du canon.



25- Le pistolet en verre de Volta (Fin XVIII^e siècle, cabinet du physicien Charles)



Ce récipient en verre, reproduisant la forme d'un pistolet, est traversé par une électrode. Le pistolet était rempli d'un mélange détonnant d'oxygène et d'hydrogène ou même de méthane et d'air. En approchant l'électrode du conducteur d'une machine électrique ou d'une bouteille de Leyde, on provoquait une étincelle dans le pistolet. Le mélange explosait en projetant le bouchon qui fermait la bouche.

Pile et condensateur

Comme d'autres avant lui, Galvani observe la contraction de la cuisse d'une grenouille lorsqu'une décharge électrique est appliquée sur son nerf. En 1780, il remarque qu'il obtient aussi des contractions lorsque son scalpel en fer, inséré dans la chair du muscle, entre en contact avec le crochet en cuivre, enfoncé dans le nerf de la cuisse. Après une dizaine d'années d'expérimentations, il en conclut que la contraction est due à une «électricité animale» qui existerait en permanence dans les muscles.

A partir de 1792, Volta commence des expérimentations relatives aux travaux de Galvani. Il montre que le muscle et le nerf ne jouent qu'un rôle secondaire et que c'est le contact de deux métaux différents par l'intermédiaire d'un conducteur humide, qui crée le phénomène. Alors que la controverse scientifique s'installe entre galvanistes et voltaïstes, dont le chef de file est le Français Charles-Augustin Coulomb, sur le délicat sujet de l'existence d'une électricité animale, Volta utilise son électromètre pour classer les couples de métaux selon leur «force électromotrice».

C'est en empilant des couples formés par un disque en zinc et un disque en argent, séparés par un disque de carton imbibé d'eau salée qu'il crée la pile. Le 20 mars 1800, Volta décrit sa «pile à colonne» dans une lettre à sir Joseph Banks, président de la Royal Society de Londres : «cet appareil, semblable dans le fond à l'organe électrique de la torpille, je voudrais l'appeler organe électrique artificiel».

26- Les éléments de pile voltaïque **(XIXe siècle)**



Volta semble avoir inventé un appareil pouvant agir indéfiniment, sans besoin de recharge comme une bouteille de Leyde ou de frottements comme dans la machine électrique.

Ces disques métalliques étaient les éléments d'anciennes piles voltaïques à colonnes.

27- La pile à colonne de Volta **(Début XIXe siècle, cabinet du physicien Charles)**



Grande pile voltaïque à colonne, composée de disques de cuivre et de zinc superposés et séparés par des rondelles de papier imbibées d'eau salée ou acidulée. La pile porte son nom en raison du fait qu'elle est constituée d'un empilement, dont l'unité est formée de deux disques de métaux différents séparés par un disque de carton imprégné d'une solution conductrice. Chaque unité servait d'étalon pour la mesure du potentiel électrique et générait donc 1 Volt, unité de mesure dont le nom est lié à l'inventeur de la pile.

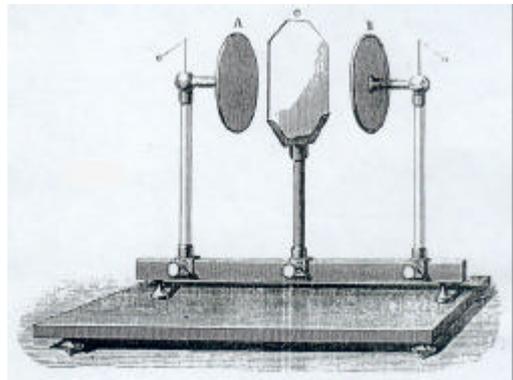
28- Le condensateur de Volta à deux conducteurs isolés (Fin XVIIIe siècle)



Un condensateur est un appareil qui permet d'accumuler des quantités considérables d'électricité sur de petites surfaces. Il en existe plusieurs types, tous se composant de deux corps conducteurs séparés par un isolant : c'est le cas de la bouteille de Leyde.

On retrouve sur celui-ci deux armatures circulaires en cuivre, montées sur des tiges isolantes en verre, entre lesquelles est interposée une plaque de verre isolante.

Les deux tiges isolantes en verre pouvaient être déplacées le long d'une règle qui leur servait de support, de manière à écarter ou à rapprocher à volonté les armatures en cuivre. Lorsqu'on voulait accumuler l'électricité sur celles-ci, on les mettait en contact avec la lame de verre ; puis au moyen de cordons métalliques, on faisait communiquer l'une d'elles avec une machine électrique, et l'autre avec le sol. L'armature en cuivre qui communiquait avec la source électrique était le plateau collecteur et celle qui était en communication avec le sol était le plateau condenseur.



LA PILE AUJOURD'HUI

Aujourd'hui, quelques centaines de modèles de générateurs de courant continu sont proposées aux consommateurs et utilisées au quotidien. En effet, de nombreux appareils électroniques sont portables et fonctionnent sur pile ou sur batterie.

On recherche à les rendre plus légers et plus petits, ce qui implique une miniaturisation de la source d'énergie. Ceci soulève des problèmes techniques et environnementaux : miniaturisation des systèmes électroniques et mécaniques, recherche de matériaux plus légers et moins polluants, recyclage et collecte différenciée...

Glossaire

Accumulateur

Appareil emmagasinant de l'énergie sous forme chimique et la restituant, lors de sa décharge, sous la forme d'un courant électrique continu. Il fonctionne sur un système électrochimique réversible : il est donc rechargeable contrairement à la pile qui ne l'est pas.

Batterie

Ensemble de plusieurs éléments générateurs de courant électrique (plusieurs accumulateurs, plusieurs piles, plusieurs cellules solaires,...) pouvant être groupés en série (reliés les uns à la suite des autres) ou en parallèle (tous placés entre les mêmes bornes).

Capacité d'un générateur

Quantité d'électricité restituée à la décharge d'un générateur (exprimée en ampère par heure, A/h).

Capacité d'un condensateur

Rapport entre la quantité d'électricité stockée par un condensateur et la tension entre ses bornes (exprimé en farad, f).

Charge électrique

Quantité d'électricité, positive ou négative, portée par un corps (exprimée en coulomb, C). La charge électrique élémentaire, c'est-à-dire la plus petite charge que l'on puisse isoler, est celle de l'électron.

Condensateur

Appareil permettant d'accumuler et de conserver de l'énergie électrique, fournie par un générateur. Un condensateur est constitué de deux conducteurs séparés par un isolant.

Conducteur électrique

Corps, tel le métal, qui transmet le courant électrique.

Conduction électronique ou ionique

Phénomène par lequel un électron ou un ion se déplace dans un matériau, créant ainsi un courant électrique.

Générateur électrique

Appareil fournissant de l'électricité à partir de différentes formes d'énergie qu'il reçoit ou possède en stock (pile, accumulateur,...).

Intensité d'un courant électrique

Quantité d'électricité traversant un conducteur par seconde (exprimée en ampère, A). C'est le débit d'électricité.

Isolant électrique

Corps, tel le verre, qui empêche le passage du courant électrique. L'électricité qui lui est communiquée demeure à sa surface.

Pile

Appareil transformant l'énergie chimique qu'il produit, en énergie électrique. Une pile élémentaire est constituée de deux métaux différents (les électrodes) séparés par une solution chimique (l'électrolyte).

Résistance électrique

Propriété que possède un matériau à convertir de l'énergie électrique en énergie calorifique (exprimée en ohm, O).

Les résistances limitent l'intensité du courant électrique.

Tension électrique

Différence entre les potentiels de deux conducteurs, c'est-à-dire différence de concentration des charges entre deux bornes (exprimée en volt, V).

Courant continu et alternatif

Un courant continu se propage toujours dans le même sens, contrairement au courant alternatif qui change de sens périodiquement (en France, tous les centièmes de seconde).

Transformateur

Appareil permettant d'augmenter ou de diminuer la tension (voltage) d'un courant électrique.

**Le présent document a été réalisé par l'équipe de médiation
de l'Espace des sciences (Rennes)**

Michel Bouchet
Christelle Gony
Cécile Houget
Armelle Roubelet
Sandrine Tomezak
Jocelyne Vautier

Crédits photos : Musée des arts et métiers du CNAM – Paris / M. Favareille & S. Pelly

Volt (a) de l'étincelle à la pile

Une **EXPOSITION** conçue et réalisée par le Musée des arts et métiers de Paris
et animée par L'ESPACE DES SCIENCES (Centre de Culture Scientifique et Technique de
Rennes)

Pour tous renseignements complémentaires, contactez le :
Service des expositions et des animations
Espace des sciences
6 place des colombes
35 000 Rennes
tél. : 02 99 35 28 26
02.99.35.28.27
fax : 02 99 35 28 21
e-mail : michel.bouchet@espace-sciences.org
christelle.gony@espace-sciences.org

Découvrez l'ensemble des activités de l'espace des sciences
www.espace-sciences.org