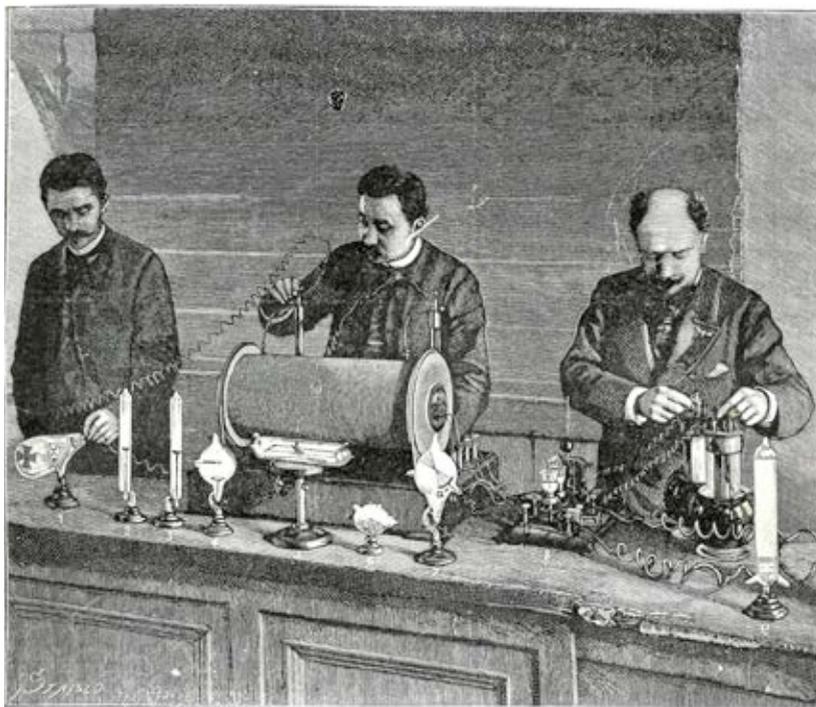


Les tubes et ampoules du Musée d'histoire des sciences



Conception et rédaction : Stéphane Fischer, Musée d'histoire des sciences
Mise en page et relecture : Corinne Charvet, Muséum d'histoire naturelle
Photographies : Gilles Hernot, Musée d'histoire des sciences; Philippe Wagner,
Muséum d'histoire naturelle
Impression : Centrale municipale d'achat et d'impression, Ville de Genève
©MHS 2020
ISSN 2673-6586

*Couverture : Expériences avec des tubes à décharge
Desbeaux Emile, la physique populaire, Paris, 1891.
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences*

Lumière électrique

Dès le 18^e siècle, les physiciens observent que des décharges électriques dans des tubes en verre partiellement vidés de leur air produisent des effets lumineux spectaculaires. Au milieu du 19^e siècle, ils fabriquent des tubes en verre contenant des gaz raréfiés qui connaissent un grand succès. Lorsqu'ils sont traversés par un courant de haute tension, ces tubes produisent des couleurs qui dépendent de la nature du gaz renfermé. Ces tubes dits de Geissler, du nom de leur inventeur Heinrich Geissler (1815-1879), sont considérés comme les ancêtres de nos lampes fluorescentes modernes.

Vers la fin du 19^e siècle, les recherches sur les décharges électriques dans les gaz raréfiés aboutissent à la découverte des rayons cathodiques, qui se révéleront être des électrons et qui seront utilisés durant tout le 20^e siècle pour produire des images sur les écrans des télévisions. L'étude des rayons cathodiques aboutit à une autre découverte majeure : les rayons X, capables de traverser la matière et les corps humains.

C'est aussi dans les dernières années du 19^e siècle qu'apparaît un autre globe en verre produisant de la lumière, non par décharge, mais par le passage continu d'un courant électrique dans un filament de charbon : l'ampoule à incandescence qui devient le moyen d'éclairage le plus populaire du 20^e siècle.

Lueurs bleutées

Les effets lumineux du mercure frotté contre le verre

Au 18^e siècle, des physiiciens observent que lorsqu'ils agitent un baromètre dans l'obscurité, des lueurs apparaissent dans la partie haute du tube en verre contenant le mercure. Ils tentent alors de reproduire le phénomène à l'aide d'un tube en verre partiellement vidé de son air et renfermant de faibles quantités de mercure. Ils obtiennent des lueurs similaires à celles observées dans les baromètres. Comme cette lumière n'apparaît que lorsque le tube est agité, les savants en déduisent qu'elle découle du frottement du mercure sur la paroi en verre.

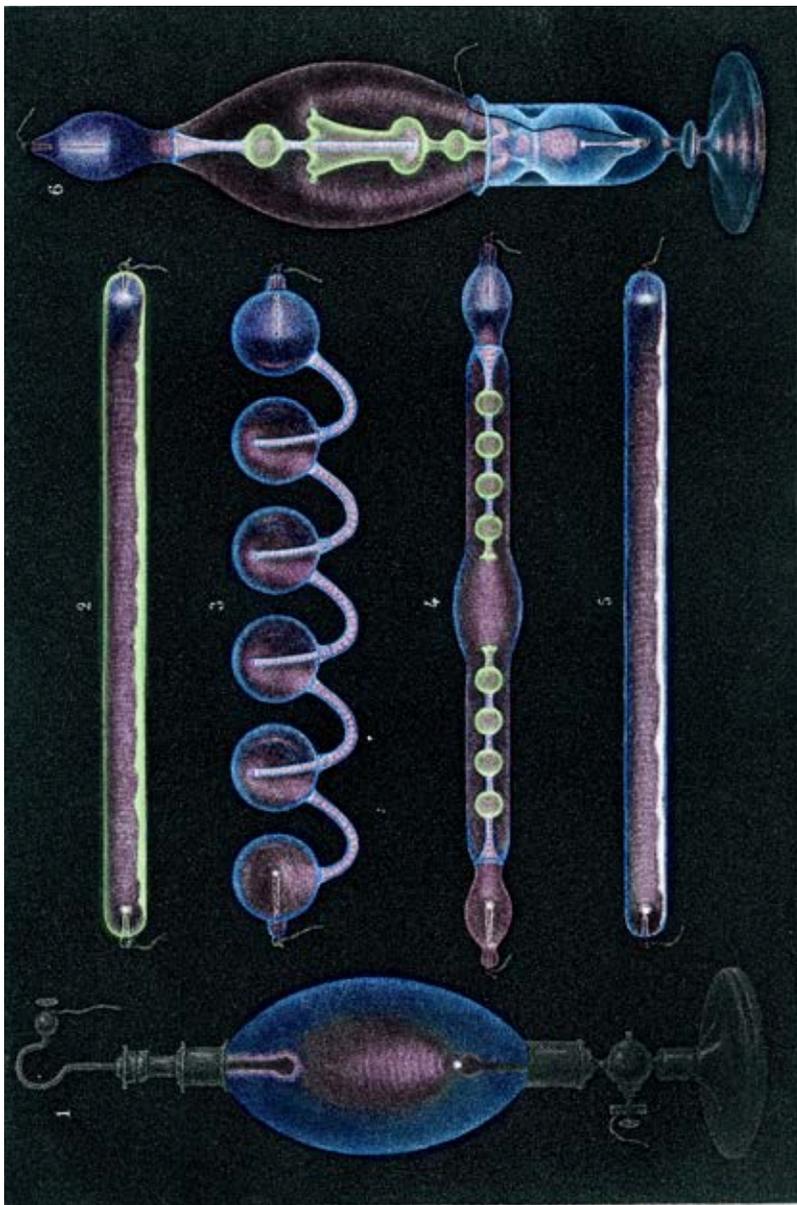
En Angleterre, Francis Hauksbee (1660-1713) mécanise le processus. Il fabrique une machine faisant tourner un globe en verre renfermant du mercure et qui est frotté par les mains de l'expérimentateur: les mêmes lueurs se produisent. Plus étonnant, le phénomène lumineux survient également dans un globe en verre frotté ne contenant pas de mercure. Comme la surface extérieure de la boule frottée se met à attirer des objets plus légers, signe d'une attraction électrostatique, Hauksbee en déduit que les deux phénomènes sont liés.



Tube à aurore

MHS 1475

Verre, mercure, 19^e siècle (?)



Décharges électriques dans des tubes contenant des gaz raréfiés
Guillemain Amédée, *Les phénomènes de la physique*, Paris, 1869
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

Décharges lumineuses

Des gaz sous basse pression se colorent sous l'action du courant électrique



L'étude des effets lumineux produits par les décharges électriques se répand au 19^e siècle. Pour cela, les physiciens fabriquent des dispositifs expérimentaux spécialement conçus à cet effet, appelés œufs électriques. Sortes de globes en verre muni d'un robinet pour être branché à une pompe à vide, ils contiennent à l'intérieur deux électrodes entre lesquelles se produisent les décharges électriques fournies par une machine électrostatique.

En diminuant progressivement la pression dans le globe, les physiciens observent ainsi l'apparition d'un jet lumineux rosé entre les deux électrodes du récipient. Lorsque la pression diminue encore, le jet devient discontinu.

Au milieu du 19^e siècle, Heinrich Geissler (1815-1879), un physicien et souffleur de verre allemand, fabrique un nouveau type de tube à décharge qui a beaucoup de succès. Ces tubes contiennent différents gaz à très faible pression. Lorsqu'ils sont traversés par un courant, ils produisent de spectaculaires effets colorés. La lumière produite, très intense, dépend de la nature du gaz renfermé dans le tube. Rouge orangé pour le néon, bleu pour le mercure, violet pour l'hélium... Les tubes de Geissler sont à l'origine des tubes néons et enseignes au néon apparus au début du 20^e siècle et de nos tubes luminescents actuels appelés à tort néons. Ces derniers ne contiennent plus de néon, mais de la vapeur de mercure qui rend leur paroi intérieure fluorescente lorsqu'ils sont parcourus par des décharges.

Œuf électrique
MHS 1956
Œuf, laiton, 19^e siècle



Tubes de Geissler
MHS 2574
Verre, cuivre, 19^e siècle

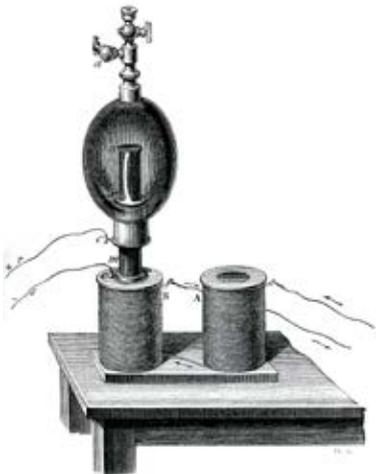


Œufs électriques

Reproduire des aurores polaires en laboratoire

Vers 1848, le physicien genevois Auguste De la Rive (1801-1873) démontre que les jets lumineux engendrés par des décharges électriques dans des gaz raréfiés sont déviés sous l'effet d'un aimant. Pour cela, il utilise un œuf électrique quelque peu modifié. La base de l'œuf possède une ouverture dans laquelle passe une tige de fer doux dont l'extrémité supérieure aboutit au centre du ballon en verre. Cette tige est recouverte sur toute sa longueur d'une épaisse couche d'isolation, sauf à son extrémité supérieure. Servant d'électrode, un anneau en cuivre communiquant avec l'extérieur entoure la base de la tige dans le globe.

Après avoir fait le vide à l'intérieur du globe et introduit quelques gouttes d'éther, on relie l'œuf aux bornes d'une bobine d'induction. Une gerbe lumineuse colorée se forme autour de la tige, entre sa partie supérieure et l'anneau en cuivre. Lorsque l'on aimante la tige de fer doux avec un électroaimant, le phénomène change d'apparence. La gerbe se condense en un jet lumineux qui tourne autour de la tige de fer doux. Le sens de rotation du jet varie selon la direction du courant et de l'aimantation.



Cette expérience a permis à De la Rive d'illustrer sa théorie sur la formation des aurores polaires. Selon lui, ces phénomènes naturels colorés résulteraient de l'action du magnétisme terrestre qui imprime des mouvements rotatoires aux décharges électriques survenant au voisinage des pôles, entre l'électricité positive de l'atmosphère et celle négative de la Terre.

Œuf électrique de De la Rive.

*Ganot Alphonse, Traité de physique, Paris, 1884.
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences*



Œuf électrique

MHS 2030

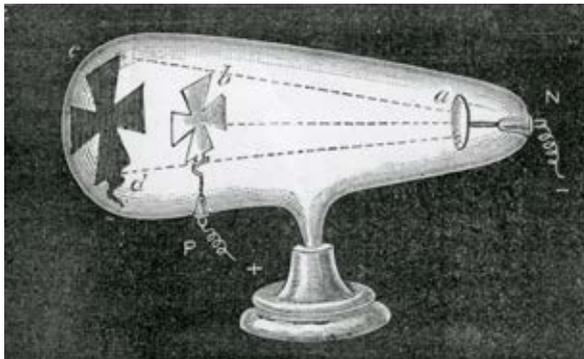
Fer, laiton, verre, De la Rive, Genève, vers 1850

Les rayons invisibles

Des jets d'électrons émis par la cathode

Durant la seconde moitié du 19^e siècle, les physiciens soumettent des tubes de verre vidés presque entièrement de leur air à des tensions électriques toujours plus élevées. A très basse pression, ils constatent que le jet lumineux engendré par les décharges disparaît et que le verre devient soudain fluorescent.

En 1887, le physicien anglais William Crookes (1832-1919) démontre que cette coloration verte résulte de l'impact sur le verre de rayons invisibles qu'il nomme cathodiques, car ils semblent provenir de la cathode, l'électrode reliée à la borne négative de la bobine à induction. Crookes place une croix de Malte sur le chemin supposé des rayons cathodiques dans le tube en verre. Lors de la mise sous tension du dispositif, les rayons cathodiques émis par la cathode se propagent en ligne droite vers le fond du verre. La croix projette alors une ombre colorée sur le verre fluorescent. Poursuivant les travaux de Crookes, le physicien britannique Joseph Thomson (1856-1940) démontre expérimentalement que les rayons cathodiques sont constitués d'un type de particules fondamentales de l'atome : les électrons.



Tube de Crookes en fonction

Placée sur la trajectoire des rayons cathodiques produits en a, la croix métallique b projette une ombre d sur le fond du tube (c).

Jamy, Cours de physique de l'École polytechnique, Paris 1890

Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences



Tube de Crookes

MHS 2235

Aluminium, bois, fer, verre, 19^e siècle

Les tubes cathodiques

Les pièces maîtresses des télévisions du 20^e siècle

Les tubes cathodiques ont été la base des télévisions, des radars et des oscilloscopes durant tout le 20^e siècle. Grâce à un courant à haute tension, les électrons sont produits par la cathode et accélérés vers l'anode qu'ils traversent. Durant leur trajectoire, ils sont déviés par des champs magnétiques produits par des bobines disposées autour du tube, puis concentrés pour former un point lumineux sur l'écran. Ce flux concentré d'électrons balaie ainsi toute la surface de l'écran ligne par ligne de haut en bas, en produisant plus de 25 images par seconde.



Modèle de tube cathodique

MHS 2720

Verre, cuivre, plastique, 20^e siècle

Les télévisions à tubes ont été abandonnées au début du 21^e siècle au profit des écrans à plasma et à cristaux liquides, moins gourmands en énergie et produisant une image de meilleur qualité.

Avant l'avènement du transistor électronique dans les années 1950, les postes de radios sont également équipés de tubes à vide. Ceux-ci possèdent des filaments chauffants qui émettent des électrons à une certaine température. Ces tubes jouent le rôle d'amplificateur, de résistance ou de redresseur de courant.



Tube cathodique de télévision

MHS 2725

Acier, aluminium, verre

Le canon à électrons de Guye

Un tube cathodique pour vérifier la théorie relativiste d'Einstein

Entre 1907 et 1915, le physicien genevois Charles-Eugène Guye (1866-1942) vérifie expérimentalement une des plus célèbres formules de l'histoire de la physique, $E = mc^2$ énoncé par Albert Einstein en 1905.

Le principe de l'expérience réalisée au Cabinet de physique de l'Université de Genève consiste à produire, puis à accélérer, des électrons dans un tube cathodique au moyen d'un générateur de haute tension. Les électrons traversent ensuite des champs magnétiques et électriques d'intensité variable (réglable par l'expérimentateur) qui les dévient et les projettent sur le fond du canon en verre recouvert d'une substance phosphorescente. Les points d'impact des particules peuvent ainsi être visualisés et photographiés. En mesurant les déviations des électrons ainsi que la force des champs déviants, Guye est parvenu à démontrer que la masse des électrons varie bel et bien en fonction de leur vitesse, confirmant ainsi la formule d'Einstein. Les deux tubes utilisés par Guye lors de ses expériences sont aujourd'hui conservés au Musée d'histoire des sciences.



Photographie du dispositif expérimental de Guye dans le laboratoire de physique de l'Université de Genève, vers 1915

Au premier plan, la machine électrostatique à huit plateaux qui alimentait le tube à décharge. Ce dernier est disposé sur la table de cadres compensateurs destinés à isoler le dispositif expérimental des effets du champ magnétique terrestre.

Charles-Eugène Guye, Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein, Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève, Vol. 39, fascicule 6, Genève, 1921



Tube cathodique

MHS 8

Verre, aluminium, laiton, Guye, Genève, 1910

Les rayons X

Un rayonnement mystérieux capable de traverser la matière et le corps humain

En soumettant des tubes à décharge à des tensions toujours plus élevées, le physicien allemand Wilhelm Röntgen (1845-1923) découvre en 1895 qu'ils n'émettent pas seulement des rayons cathodiques, mais aussi un nouveau type de rayonnement qu'il nomme X, insensibles à l'action des aimants et capables de traverser la matière et les corps humains et de noircir une plaque photographique. Röntgen parvient ainsi à produire la première radiographie d'une main humaine, en l'occurrence celle de sa femme.

Cette découverte révolutionne la médecine et la société. Grâce à ces rayons qui traversent les chairs et sont arrêtés par les os, il devient enfin possible de voir ce qu'il se passe à l'intérieur du corps humain sans devoir l'ouvrir... Dans les années 1920, tout le monde veut se faire radiographier pour obtenir un cliché de son squelette. Dans les magasins de chaussures, des appareils à rayons X appelés pédoscopes permettent aux vendeurs et à leurs clients de voir la position des pieds à l'intérieur des chaussures.



Tube à rayons X

MHS 961

Verre, aluminium, tungstène, Muret, France, fin 19^e siècle

Au fil des ans, on se rend compte que les rayons X peuvent être mortels en cas d'exposition prolongée ou de dose trop élevée. Leur usage s'est réglementé drastiquement. Aujourd'hui, plus de cent ans après leur découverte, les rayons X continuent d'être encore largement utilisés dans l'imagerie médicale, mais aussi dans la sécurité et dans le domaine scientifique.



Pédoscope

MHS 913

Bois, verre, tungstène,

Eberhard, Zürich, 20^e siècle

La quête du vide

Des pompes toujours plus performantes pour abaisser la pression dans les tubes

L'étude des effets lumineux des décharges électriques n'aurait pas été possible sans le perfectionnement d'un accessoire fondamental: la pompe à vide. Au début du 19^e siècle, seules existaient les pompes à piston actionnées à la main. Elles produisaient un vide 1000x moins élevé que la pression atmosphérique, ce qui permettait d'observer des décharges lumineuses continues entre deux électrodes dans un œuf électrique.

Lorsqu'il conçoit ses tubes à décharge, Heinrich Geissler a besoin d'obtenir un vide plus poussé (1/10 000 de la pression atmosphérique). Il fabrique donc un nouveau type de pompe à vide fonctionnant au... mercure, le principe étant de faire le vide au moyen d'une colonne de mercure qui s'abaisse et s'élève comme un piston dans un tube fermé relié au récipient à purger.

En 1865, le chimiste allemand Hermann Sprengel (1834-1906) conçoit une pompe à mercure encore plus performante et surtout plus facile d'emploi. Elle consiste à faire couler une colonne de mercure depuis un réservoir à travers un récipient communiquant avec le tube à purger et un tube capillaire. En atteignant le capillaire, le mercure se sépare en fines gouttelettes qui entraînent dans leur chute des molécules d'air.

La pompe à vide de Sprengel est beaucoup utilisée par William Crookes lors de ses travaux sur les rayons cathodiques. Elle permet surtout à Joseph Swan (1828-1914) et à Thomas Edison (1847-1931) de faire le vide dans leurs nouvelles ampoules électriques à incandescence.



Pompe à vide à mercure

MHS 575

Bois, verre, Alvergnyat, Paris, vers 1880

L'ampoule électrique

Une lampe qui éclaire un peu, mais qui chauffe beaucoup

Au début du 19^e siècle, le physicien anglais Humphry Davy (1778-1829) met au point le premier dispositif d'éclairage électrique. Au moyen d'une batterie de piles, il produit un courant électrique de forte intensité qu'il fait circuler à travers deux baguettes de charbon portées à incandescence et éloignées l'une de l'autre de quelques millimètres. En s'évaporant, le charbon se vaporise entre les deux baguettes à travers lesquelles le courant passe en brillant de manière très intense. L'éclairage par arc électrique est né. Il faudra attendre les années 1880 pour voir apparaître les premières lampes à arc électrique dans les rues des villes. Malgré de nombreux essais, l'arc électrique ne s'impose jamais dans l'éclairage domestique.

En 1879, l'Américain Thomas Edison (1847-1931) et l'Anglais Joseph Swan (1828-1914) «inventent» conjointement l'ampoule à incandescence. Ils renferment dans un petit globe en verre un filament de charbon qu'ils portent à incandescence en le faisant traverser par l'électricité. Résistant au courant, le filament se chauffe et se colore en émettant une lumière très blanche. Pour éviter que le filament brûle, l'ampoule est presque entièrement vidée de son air et surtout de son oxygène.

Après des débuts hésitants, l'ampoule à incandescence se perfectionne au début du 20^e siècle. Le tungstène remplace le filament de charbon et le vide d'air est abandonné au profit d'un gaz inerte (ne contenant pas d'oxygène). Du coup, l'ampoule se popularise et devient très vite le moyen d'éclairage le plus répandu au 20^e siècle. Jusqu'à ce que son rendement soit jugé trop gourmand en énergie au début du 21^e siècle et qu'elle soit retirée de la vente.



Ampoules à incandescence

MHS 1617

Bois, charbon, verre, 19^e siècle

L'éclairage domestique aujourd'hui

Eclairer mieux en consommant moins d'électricité

Trop gourmandes en énergie, produisant trop de chaleur et pas assez de lumière, les ampoules électriques à incandescence ont vécu. Leur vente est désormais interdite en Suisse et en Europe (à l'exception de quelques lampes halogènes de basse consommation). Elles ont été remplacées par les lampes économiques et par les LED.

Les lampes économiques, aussi appelées tubes fluorescents compacts, sont les lointaines descendantes des tubes de Geissler ou autres tubes à décharge inventés au courant du 19^e siècle. Elles contiennent des gaz raréfiés (argon et vapeur de mercure) dans lesquels on fait passer du courant électrique. Les gaz émettent alors de la lumière ultraviolette qui vient exciter la couche de phosphore qui recouvre l'intérieur du tube et devient ainsi lumineux.

Encore en plein développement technologique, les LED (Light-Emitting Diode ou diode électroluminescente) sont en train d'envahir le marché. Elles sont composées de matériaux semi-conducteurs qui émettent de la lumière lorsqu'ils sont traversés par un courant électrique. Robustes, fiables et économiques, elles cumulent les avantages, à l'exception peut-être de leur rendu lumineux qui manque parfois de chaleur visuelle.



Tube fluorescent compact
Verre, mercure, 20^e siècle

Bibliographie

Ganot Alphonse, *Traité de physique*, Hachette, Paris, 1884.

Guillemin Amédée, *Les phénomènes de la physique*, Hachette, Paris, 1884.

Maia Maria Elisa, Serra Isabel, Peres Isabel Marilia, *The gaz discharges in history and teaching of physics and chemistry*, Travaux de Laboratoire, Tome 1, Vol. 2, 2010.

Reif-Acherman Simon, *Heinrich Gessler: pioneer of electrical science and vacuum technology*, Proceedings of the IEEE, Vol. 103, No 9, Septembre 2015.

www.energie-environnement.ch

Les petits carnets du Musée d'histoire des sciences

Les collections du Musée racontées par des petits carnets thématiques.

Les parutions à ce jour:

- 1 Sous le ciel du Mont-Blanc: Sur les traces de Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), pionnier de la météorologie alpine. Juillet 2006, réédition 2020
- 2 Il était une fois l'électricité: Une histoire de l'électricité racontée par les instruments du Musée d'histoire des sciences. Octobre 2007, réédition 2020
- 3 L'heure au soleil: Description et usage des principaux types de cadrans solaires exposés au Musée d'histoire des sciences. Février 2008, réédition 2020
- 4 Voir l'infiniment petit: Des instruments du Musée d'histoire des sciences retracent les grandes étapes de la microscopie. Octobre 2008, réédition 2020
- 5 L'univers modélisé: Survol de quelques instruments du Musée d'histoire des sciences qui représentent le ciel et la terre. février 2009, réédition 2020
- 6 Scruter le ciel: Brève initiation à l'astronomie et présentation de quelques instruments du premier Observatoire de Genève. Février 2009, réédition 2020
- 7 Le cabinet Pictet: l'art d'enseigner la science par l'expérience. Août 2009, réédition 2020
- 8 Jean-Daniel Colladon, savant et industriel genevois. Février 2010.
- 9 Du pied au mètre, du marc au kilo: L'histoire des unités des poids et mesures évoquée par quelques objets emblématiques des collections du Musée d'histoire des sciences. Juin 2010, réédition 2020
- 10 Les débuts de la météorologie moderne. Décembre 2020.
- 11 Les tubes (et ampoules) du Musée d'histoire des sciences. Décembre 2020

Téléchargeables sur le site <http://institutions.ville-geneve.ch/fr/mhn/votre-visite/site-du-musee-dhistoire-des-sciences/parcours-permanent/>

**MUSÉE
D'HISTOIRE
DES SCIENCES
GENÈVE**

Villa Bartholoni
Parc de la Perle du Lac
Rue de Lausanne 128
1202 Genève
Tél: + 41 22 418 50 60
Ouvert tous les jours de 10h à 17h sauf le mardi
www.museum-geneve.ch
info@museum-geneve.ch

UN SITE DU
museum
genève

ISSN 2673-6586