

Voir l'infiniment petit



**Une institution
Ville de Genève**

www.museum-geneve.ch



VILLE DE
GENÈVE

Conception : Stéphane Fischer, Musée d'histoire des sciences

Mise en page et relecture : Corinne Charvet, Muséum d'histoire naturelle

Photographie : Gilles Hernot, Musée d'histoire des sciences; Philippe Wagneur, Muséum d'histoire naturelle

Impression : Centrale municipale d'achat et d'impression, Ville de Genève

© MHS Octobre 2008, réédition 2020

ISSN 2673-6586

Couverture: Observation au microscope composé

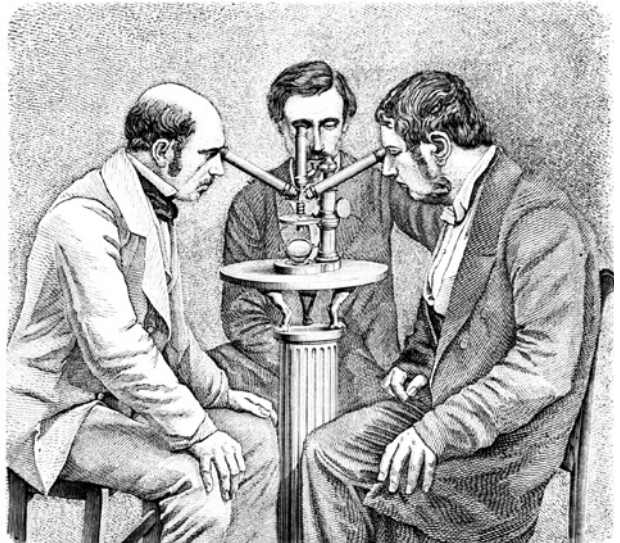
*Les applications de la physique, Guillemin, Paris, 1874, bibliothèque cantonale et universitaire
Dorigny*

Un instrument qui n'a jamais été inventé

Comme la lunette astronomique, le microscope est un instrument né de l'usage. Nul ne sait exactement quand il a été inventé. Le terme de « microscope » pour désigner l'instrument est mentionné pour la première fois par le médecin romain Giovanni Faber en 1625, soit une dizaine d'années après l'apparition du télescope.

Galilée qui, en 1609, braque sa lunette astronomique vers le ciel pour y faire ses extraordinaires découvertes, aurait aussi été un des premiers à utiliser une forme modifiée de sa lunette pour observer « des mouches qui paraissent aussi grosses que des agneaux ».

Il paraît raisonnable de penser que ces deux instruments optiques fondés sur la combinaison de plusieurs lentilles en verre aient été inventés dans le même atelier où l'on maîtrisait la fabrication du verre. Pays-Bas, Italie, Angleterre ? La question reste ouverte.



Microscope pour observations simultanées

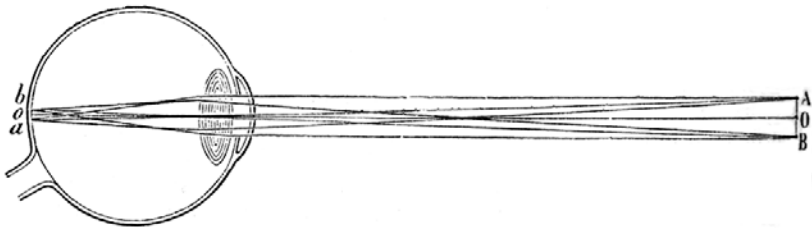
Les applications de la physique, Guillemin, Paris, 1874.

Bibliothèque cantonale et universitaire Dorigny

La vision

L'œil voit vrai, les lentilles déforment

A la fin du 16^e siècle, la majorité des savants pensent que seuls nos yeux sont fiables et que tout instrument grossissant est mensonger et déforme la réalité. On se fait prendre au piège des formes alors considérées comme parfaites: les sphères. Celles de verre ou de cristal agrandissent certes les objets, mais les déforment aussi énormément. Par ailleurs, la préoccupation essentielle est de comprendre « comment on voit » plutôt que « ce qu'on voit ». Les représentations de l'Antiquité font encore autorité. Selon Platon et Euclide, la vision est un acte volontaire de l'œil d'où partent des lignes de vision vers l'objet. Démocrite et les atomistes pensent, au contraire, que des corpuscules partent des objets vers l'œil. Ils ne peuvent cependant expliquer comment un seul objet peut envoyer suffisamment de corpuscules pour être vu par plusieurs personnes à la fois.



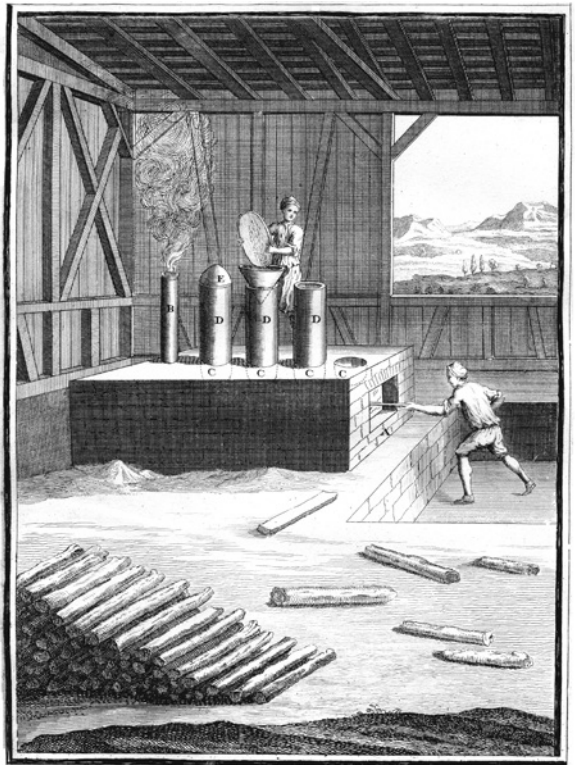
Marche des rayons dans l'œil

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

Les lentilles de verre Une origine qui remonte à l'Antiquité

Depuis le 13^e siècle, les artisans lunetiers savent fabriquer des lunettes de vue en utilisant des pièces de verre diversement taillées appelées « lentilles », car elles rappellent l'aspect des graines comestibles que l'on mettait dans la soupe. L'usage des premières lentilles optiques remonterait à l'Antiquité. Les Arabes les connaissaient aussi, comme en attestent les ouvrages sur l'optique du savant perse Alhazen (965-1039) décrivant leur pouvoir grossissant.

En Europe, la fabrication des lentilles a commencé à se perfectionner avec l'apparition des microscopes et des lunettes astronomiques. Le verre optique était obtenu à partir d'un mélange de sable et de soude que l'on chauffait jusqu'à ce qu'il se liquéfie. Le verrier prélevait ensuite un peu de matière liquide qu'il étalait sur une table en marbre pour obtenir une plaque de verre. On coupait alors au diamant un disque de dimension convenable que l'on façonnait ensuite à la main en le frottant contre des formes métalliques ou par abrasion au tour.



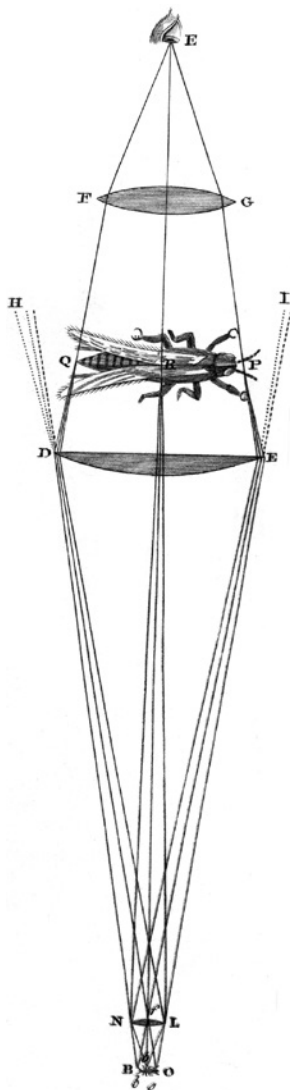
Atelier de production du verre,
L'art de la verrerie, Neri, Paris, 1752.
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

Comment fonctionne un microscope

Les premiers microscopes, qu'on dit «simples», car munis d'une seule lentille, fonctionnent comme une loupe. Ils fournissent à l'œil une image virtuelle agrandie de l'objet à examiner.

Les microscopes composés sont équipés de plusieurs lentilles. Un objectif (NL) situé près de l'échantillon (BO) donne une image agrandie (QP), renversée et non visible à l'œil nu. Une seconde lentille (DE) recentre les rayons émis par l'objectif. Un oculaire (PG) placé devant l'œil, grossit encore l'image et la restitue à l'observateur.

Aujourd'hui, les objectifs et les oculaires sont composés de plusieurs lentilles de verres différents pour corriger diverses aberrations optiques liées au passage de la lumière à travers le verre. Enfin, un condensateur (autrefois un miroir reflétant la lumière) fixé à la base de l'instrument permet d'éclairer la préparation.

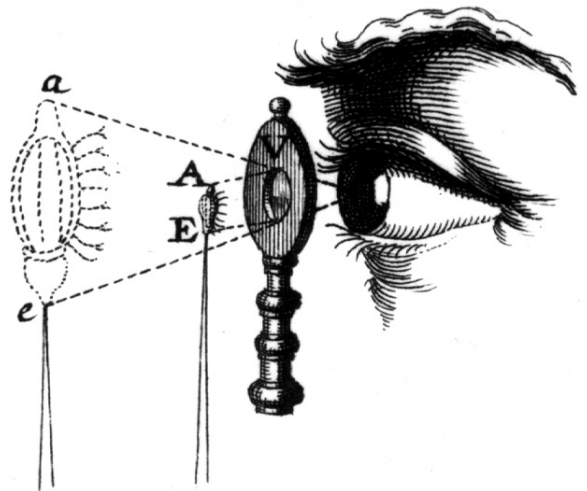


Fonctionnement du microscope composé

George Adams, *Essay on the Microscope*, London, 1798.
Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences

Le microscope de Leeuwenhoek Le compte-fils du drapier

C'est en 1670 qu'un marchand de tissus hollandais, Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), découvre les spermatozoïdes et des bactéries au moyen d'un microscope rudimentaire consistant en une minuscule perle de verre enchâssée entre deux plaques de métal qu'il utilise normalement pour examiner sa marchandise. L'instrument devait être tenu tout près de l'œil, l'objet à examiner étant fixé sur une petite pointe de l'autre côté de la plaque. Leeuwenhoek, qui n'a pas de formation académique, envoie le compte-rendu de ses découvertes à l'Académie de sciences de Londres qui l'encourage à poursuivre ses observations. Malgré les réticences de certains, qui l'accusent de voir davantage avec son imagination qu'avec ses verres grossissants, il va ouvrir aux savants un nouveau terrain de recherches inexploré jusqu'ici.



Fonctionnement du microscope simple

Physices Elementa Mathematica,

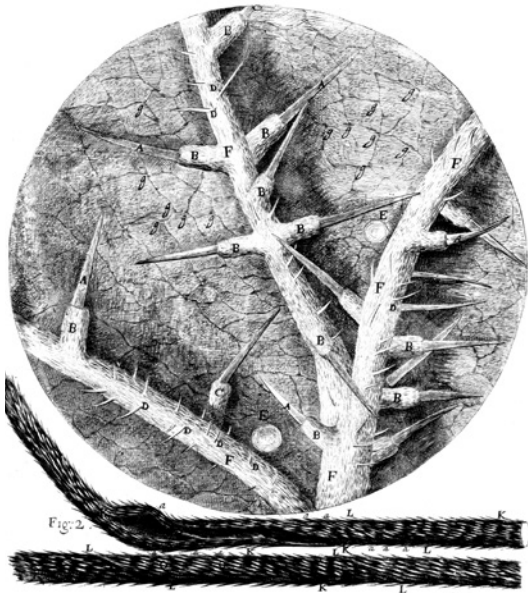
Gravesande, Leyde, 1721.

Bibliothèque de Genève

Micrographia

La découverte du monde de l'infiniment petit

De même que Galilée n'a pas inventé la lunette astronomique, l'Anglais Robert Hooke (1635-1703) n'est pas non plus l'inventeur du microscope. Les deux hommes ont cependant suscité un engouement sans précédent pour leurs disciplines respectives – l'astronomie et la microscopie – en publiant deux ouvrages devenus de véritables best-sellers à l'époque. Dans le *Messenger Céleste* paru en 1610, Galilée décrit les observations de la Lune, des satellites de Jupiter et des étoiles. Publiée en 1665, la *Micrographia* de Hooke qui traite de microscopie, mais aussi d'astronomie et de physique, est illustrée de superbes dessins à la plume d'yeux de mouche, de dards d'abeille et d'autres insectes, et fait sensation auprès de la communauté savante de l'époque.



Surface d'une feuille d'ortie et ses poils urticants

Micrographia, Hooke, Londres, 1667.

Bibliothèque de Genève

Aucun exemplaire du microscope utilisé par Hooke pour ses observations n'a été retrouvé à ce jour. D'après les descriptions qu'il en fait dans la préface de son ouvrage, le corps de l'instrument est en carton et comprend quatre tubes coulissant les uns dans les autres, à la manière d'une longue-vue.

Le microscope de Charles Bonnet La science alliée au prestige

Ce microscope composé aurait appartenu au naturaliste genevois Charles Bonnet (1720-1794) qui a, entre autres, démontré expérimentalement que les pucerons pouvaient se reproduire par parthénogenèse (seuls et sans fécondation). Bonnet l'aurait utilisé pour des observations sur les vers d'eau douce avant de le donner à son neveu Horace-Bénédict de Saussure lorsque sa vue est devenue trop faible pour continuer ses travaux au microscope.

Bien que non signé, tout indique que ce microscope provient des ateliers de l'Abbé Nollet (1700-1770) constructeur et physicien français, célèbre tant par ses cours que par les instruments raffinés qu'il fabriquait. Richement décoré, ce microscope en laiton et bois laqué est à la fois un instrument de science et de prestige tel que tout riche naturaliste de l'époque se devait de posséder dans son cabinet savant.



Microscope composé

MHS 149

Bois, ivoire, laiton, os, Nollet (?), France, 18^e siècle.

Le microscope composé de John Cuff

Le premier microscope moderne

Au 18^e siècle, les microscopes composés les plus répandus sont ceux à trépied inventés par le constructeur anglais Edmund Culpeper (1660-1738) en 1725 et fabriqués un peu partout en Europe. Ils sont formés d'un tube optique (comprenant un objectif et un oculaire) posé sur trois colonnes de bois ou de laiton fixées sur un socle en bois.



En 1744, un autre Anglais, l'opticien John Cuff (1708-1772) lance sur le marché un nouveau modèle de microscope, composé en laiton extrêmement novateur dont la forme rappelle celle des microscopes modernes. Le tube optique (muni d'un oculaire et d'objectifs interchangeables) coulisse le long d'un pilier latéral vertical au-dessus d'une platine entièrement dégagée pouvant recevoir divers accessoires: cylindre à ressort, pince porte-objet, loupe, etc. Un miroir mobile destiné à éclairer la préparation est fixé sur le socle de l'appareil.

Microscope composé type Cuff

MHS 1900

Acier, bois, laiton, verre, Cuff, Londres, 18^e siècle

Le microscope aquatique de Abraham Trembley Un instrument né de l'usage

En 1745, le naturaliste genevois Abraham Trembley (1710-1784), qui vient de découvrir les mécanismes de régénération chez les hydres d'eau douce, se rend à Londres où il rencontre l'opticien John Cuff. Il lui demande de réaliser un microscope spécialement conçu pour l'étude des organismes vivant dans l'eau. Cuff s'exécute et réalise un instrument doté de plusieurs innovations: la platine est mobile et bien dégagée pour faciliter l'examen en milieu aquatique, et la potence, munie d'une double articulation, peut recevoir aussi bien une simple loupe qu'un microscope composé.

Le microscope aquatique connaîtra très vite un grand succès auprès des savants de l'époque qui s'étaient passionnés pour l'étude des organismes aquatiques, suite aux travaux de Trembley.



Microscope aquatique

MHS 10

Acier, laiton, verre, Cuff, Londres, 18^e siècle

Le microscope de projection

La microscopie devient un spectacle

Apparus au cours du 18^e siècle, les premiers microscopes de projection, aussi appelés microscopes solaires, car éclairés par la lumière solaire, trouvent rapidement leur place dans les cabinets savants de l'époque. Inspirés des lanternes magiques, ils permettent de projeter l'image agrandie d'une préparation de manière à être vue par un large public. On les place en général vers la fenêtre d'une chambre. Grâce à leur grand miroir orientable, on dirige la lumière du Soleil dans le tube optique vers la préparation pour projeter son image sur le mur opposé. Vers la fin du 18^e siècle, les microscopes solaires sont remplacés par un autre type de microscope de projection dit lucernal, éclairé par une puissante lampe à huile, et où l'image est projetée sur un écran dépoli.



Microscope solaire

MHS 399

Bois, laiton, verre, 18^e siècle

Le microscope catadioptrique de Giovanni Amici Des miroirs à la place des lentilles

Jusqu'au 18^e siècle, lunettes et microscopes souffrent d'un grave défaut optique, l'aberration chromatique résultant de la dispersion des couleurs formant la lumière blanche à travers le verre. Les images des objets agrandis apparaissent entourées d'un halo de couleurs nuisant à la bonne qualité des observations. Newton, qui jugeait l'aberration chromatique comme un mal sans remède, s'était d'ailleurs tourné dans la fabrication d'un télescope à miroirs (plutôt que dans celle d'une lunette) pour scruter le ciel.

C'est justement à un petit télescope de Newton inversé que ressemble le microscope catadioptrique inventé en 1814 par le constructeur et physicien italien Giovanni Amici (1786-1863) pour tenter de neutraliser les aberrations chromatiques. L'objet à examiner se place sur le porte-objet situé sous le tube horizontal. Les rayons lumineux provenant de l'objet sont réfléchis par un premier miroir prismatique et renvoyés vers un second miroir concave placé au fond du tube. Après cette réflexion, le faisceau traverse toute la longueur du tube et va former une image agrandie de l'objet près de l'oculaire.



*Microscope catadioptrique
MHS 377
Bois, laiton, verre, Amici, Modène, 1822*

Le microscope de Selligue

Un objectif composé de plusieurs lentilles

Sans doute inspiré par les travaux théoriques de Leonhard Euler (1707-1783), le constructeur anglais John Dollond (1706-1761) met au point en 1766 le premier objectif achromatique en associant deux verres de nature différente. Cette découverte allait fortement améliorer la qualité optique des lunettes astronomiques et des microscopes simples. Pour les microscopes composés de plusieurs lentilles, les progrès furent plus lents.

En 1824, le Français Alexandre Selligue (1784-1845) présente devant l'Académie des sciences de Paris un microscope achromatique dont l'objectif est composé de plusieurs lentilles. Ses performances suscitent un rapport élogieux du physicien français Augustin Fresnel (1788-1827) et incitent l'Italien Amici, déjà inventeur du microscope catadioptrique, à reprendre ses recherches sur l'achromatisme. En 1827, il conçoit un instrument dont l'objectif comprend plusieurs verres de natures différentes qui est à l'origine du système achromatique utilisé aujourd'hui encore dans les microscopes modernes.



Microscope achromatique de Selligue

MHS 655

Laiton, verre, Chevalier, Paris, 19^e siècle

Le microscope électronique

Des électrons remplacent la lumière

Au 20^e siècle, l'invention du microscope électronique permet de pénétrer encore plus profondément au cœur de la matière, presque à l'échelle des atomes. Les grossissements atteignent désormais l'ordre du million de fois contre mille pour la microscopie optique. Le principe de fonctionnement est similaire à celui des microscopes classiques à lumière : un faisceau éclairant est ajusté par un condensateur, traverse la préparation avant d'être agrandi par un système de lentilles.

La différence réside dans la nature du faisceau éclairant : la lumière blanche est remplacée par des électrons produits par des décharges à haute tension. Ils circulent dans une enceinte sous vide où ils sont déviés et focalisés par des lentilles magnétiques. Après avoir traversé l'échantillon à examiner, le faisceau est agrandi par d'autres lentilles avant de se projeter sur un écran fluorescent où il forme une image en transparence de la coupe examinée. Des microscopes électroniques de seconde génération, dits à balayage, délivrent quant à eux une image en relief d'un objet.



Microscope électronique

MHS 906

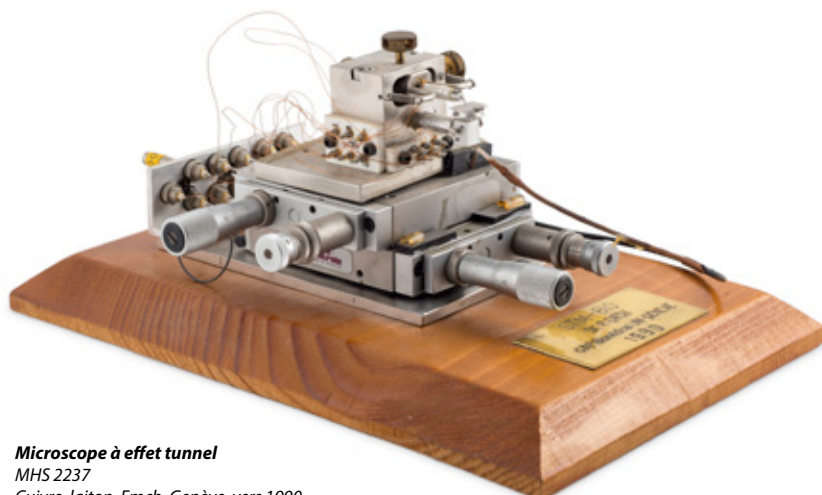
Résine, acier, verre, Trub, Täuber & Cie, Zurich,
vers 1960

Le microscope à effet tunnel

Un instrument dépourvu d'optique

Le développement actuel des nanotechnologies (l'étude et la manipulation de la matière au niveau des atomes) repose en grande partie sur une invention capitale datant de 1981: le microscope à effet tunnel (MET). Doté d'un pouvoir grossissant proche d'un milliard de fois, ce nouveau type de microscope capable de scruter la matière atome par atome est totalement dépourvu d'optique!

Son fonctionnement s'apparente à celui d'un lecteur de disques microsillons. Une pointe ultrafine fixée au bout d'un cristal piézoélectrique (dont les déformations génèrent un signal électrique et vice-versa) se déplace tout près de la surface de la matière à étudier. Il se forme alors spontanément un faible courant électrique (l'effet tunnel) entre la surface et la pointe. Ce courant varie en fonction de la distance séparant la pointe de la surface. Si l'on fait bouger la pointe au-dessus de la surface de l'échantillon en maintenant un courant tunnel constant, on enregistre une série de variations de hauteur (de la pointe) qui sont traduites en signaux électriques par les cristaux piézoélectriques, puis transformées en image en relief par traitement informatique.

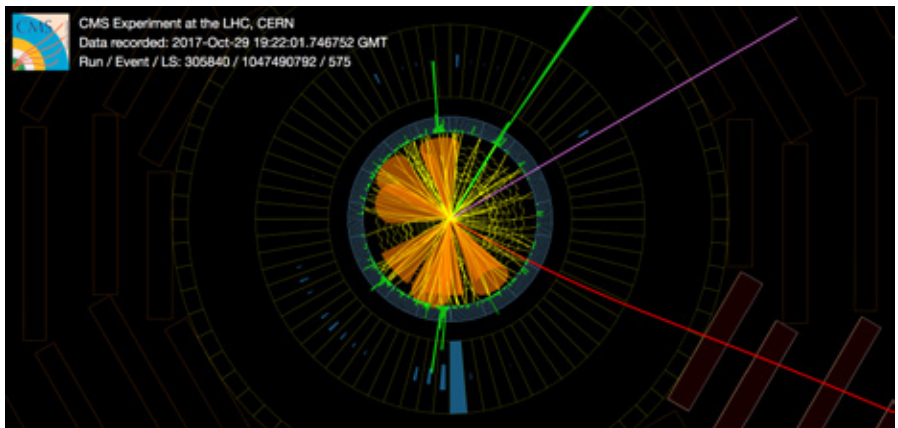


Microscope à effet tunnel
MHS 2237
Cuivre, laiton, Emch, Genève, vers 1990

L'accélérateur de particules

Des collisions pour pénétrer au cœur de la matière

Avec ses 27 kilomètres de circonférence, ses 9300 aimants et ses détecteurs logés dans des cavernes hautes comme des cathédrales, le nouvel accélérateur de particules LHC (Large Hadron Collider), entré en fonction en automne 2008, peut être considéré comme le plus grand et le plus puissant microscope du monde jamais construit jusqu'ici. Sa mission est d'observer et de découvrir de nouvelles particules fondamentales de la matière (dont la taille est inférieure au milliardième de mètre) en lançant deux faisceaux de protons (les constituants des noyaux des atomes) l'un contre l'autre à des vitesses proches de celle de la lumière. Les collisions qui en résultent libèrent des myriades de particules qui sont identifiées par des détecteurs électroniques couplés à des réseaux de puissants ordinateurs.



Un événement enregistré par CMS montrant un candidat boson de Higgs produit en association avec deux quarks top. Le boson de Higgs et les quarks top se désintègrent en laissant dans l'état final sept jets de particules (cônes orange), un électron (ligne verte), un muon (ligne rouge) et de l'énergie transverse manquante (ligne rose). (Image: CMS/CERN)

Dates

Les grandes étapes de la microscopie

- 1608 Invention de la lunette astronomique
- 1612 Galilée envoie un microscope composé de son invention au roi de Pologne
- 1665 Publication de *Micrographia* par Robert Hooke
- 1677 Antonie Leeuwenhoek découvre l'existence des spermatozoïdes à l'aide de son microscope simple
- 1725 Le constructeur anglais Edmund Culpeper met au point le microscope composé à trépied
- 1743 John Cuff développe un microscope composé muni d'une potence et d'une platine dégagée dont la forme rappelle les instruments modernes
- 1767 Le mathématicien suisse Leonard Euler évoque l'idée d'un microscope achromatique comprenant un oculaire à six lentilles
- 1827 Giovanni Amici conçoit le premier microscope composé achromatique moderne
- 1931 Invention du microscope électronique et du premier accélérateur à particules
- 1981 Invention du microscope à effet tunnel
- 2008 Mise en service de l'accélérateur à particules LHC au CERN.

Pour en savoir plus

Adams George. *Micrographia Illustrata*, Londres, 1771.

Archinard Margarida. *Microscopes*, Musées d'art et d'histoire, Genève, 1976.

Archinard Margarida. *Le microscope achromatique de Selligie*, SPHN, Genève, 1993.

McCormick James B. *18th-Century Microscopes: A synopsis of History and Workbook*, USA, 1987.

Daumas Maurice. *Les instruments scientifiques au XVII^e et XVIII^e siècles*, Gabay, Paris, 2004.

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. A paraître 2020.
- 11 Les tubes (et ampoules) du Musée d'histoire des sciences. A paraître 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 10 à 17h sauf le mardi
www.museum-geneve.ch
info@museum-geneve.ch

UN SITE DU
m séum
genève

ISSN 2673-6586