

L'univers modélisé



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 février 2009, réédition 2020.
ISSN 2673-6586

*Couverture: Ptolémée et l'astrolabe
D'après Peurbach, Theoricum Novarum Textus, Paris, 1515*

La Terre et le Ciel représentés par quelques instruments emblématiques des collections du Musée d'histoire des sciences

Ce fascicule rassemble quelques objets emblématiques des collections du Musée d'histoire des sciences conçus pour représenter le monde et le ciel qui nous entourent. Certains d'entre eux sont de simples instruments de mesure, d'autres au contraire, richement décorés, évoquent le pouvoir et la puissance de ceux qui les possédaient.



Tellurium

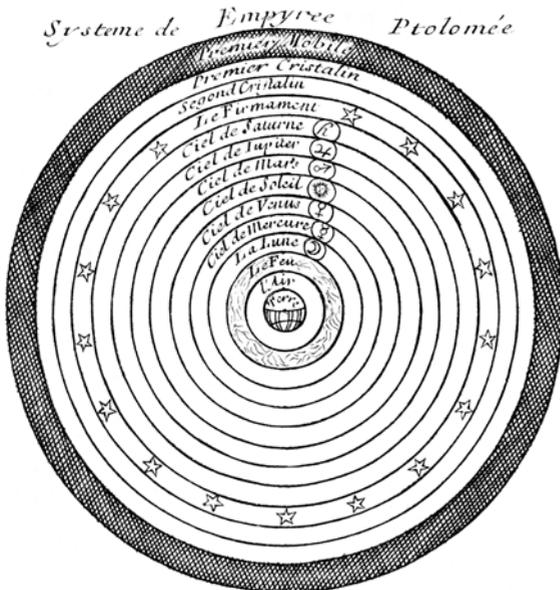
MHS 649

Acier, laiton, papier, Van Aken, Pays-Bas, 18^e siècle

L'Univers géocentrique des Grecs anciens

Au 4^e siècle av. J.-C., Aristote (384-322 av. J.-C.), dont la pensée marquera fortement le monde occidental jusqu'à la Renaissance, conçoit l'Univers comme un système de sphères concentriques portant les planètes et les étoiles et placé autour d'une Terre centrale et immobile.

Au deuxième siècle de notre ère, le géographe grec Ptolémée (100-168) modernise et actualise la vision géocentrique d'Aristote. Il décompose géométriquement le mouvement des planètes en de multiples cercles. L'astronomie de Ptolémée sera la référence pour les savants occidentaux jusqu'au 17^e siècle. Grâce à cette représentation géométrique du monde, Ptolémée parvient à établir les premières tables astronomiques véritablement fiables et précises.



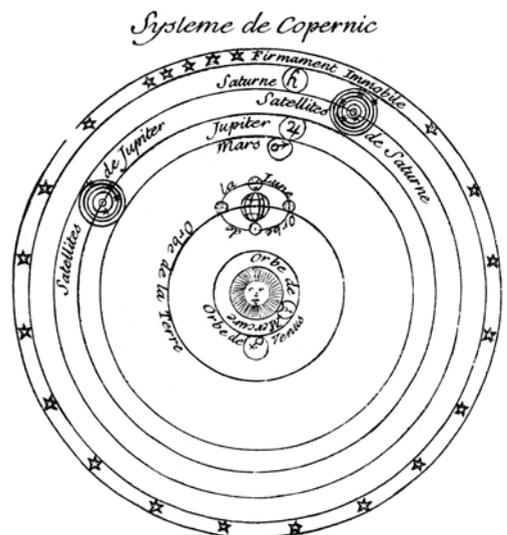
Le système géocentrique de Ptolémée
Nicolas Bion. *L'usage des globes célestes et terrestres et des sphères, suivant les différents systèmes du monde*, Paris 1699. Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences de Genève

Le Soleil au centre

Au milieu du 16^e siècle, le médecin et chanoine polonais Nicolas Copernic (1473-1543) propose un nouveau système du monde centré sur le Soleil, et non plus sur la Terre, pour faciliter le calcul du mouvement des planètes qui figurent dans les tables astronomiques. A cette époque, astronomie et astrologie sont étroitement liées. Au service des princes et des rois, les astronomes se doivent de prédire au moyen de ces tables certains événements célestes particuliers (éclipses, alignement de planètes, etc.) susceptibles d'influencer le destin de leur puissant souverain.

Dans son livre *De Revolutionibus orbium coelestium* publié l'année de sa mort, Copernic défend sa vision héliocentrique en affirmant, entre autres, que non seulement la Terre tourne autour du Soleil comme les autres planètes, mais qu'en plus elle tourne sur elle-même et que son axe oscille à la manière d'une toupie (mouvement de précession).

Quant aux tables astronomiques tirées du modèle de Copernic, elles montreront très vite leur supériorité par rapport aux tables traditionnelles basées sur la représentation géocentrique de Ptolémée.



Le système héliocentrique de Copernic

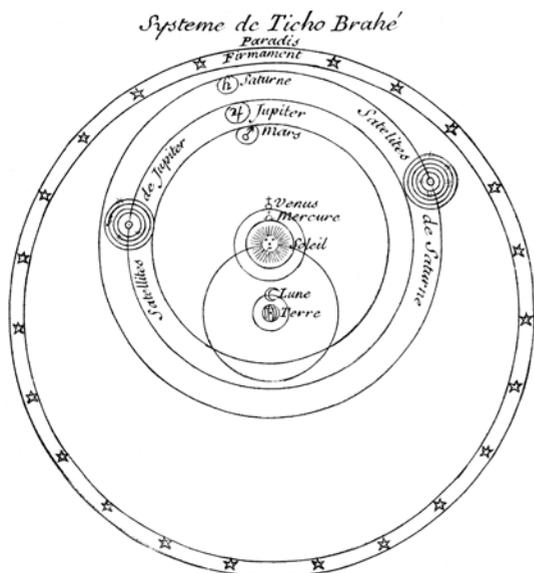
Nicolas Bion. *L'usage des globes célestes et terrestres et des sphères, suivant les différents systèmes du monde*, Paris 1699. Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences de Genève

L'Univers de Tycho Brahe : un mélange de géocentrisme et d'héliocentrisme

Avant l'apparition de la lunette astronomique, l'astronome danois Tycho Brahe (1546-1601) observe le ciel avec des instruments de sa propre fabrication, inspirés de l'arpentage et de la topographie, pour déterminer la position des étoiles et des planètes.

Sur la base de ses observations, il conçoit son propre système du monde qui est une sorte de compromis entre le géocentrisme de Ptolémée* et l'héliocentrisme de Copernic. La Terre demeure immobile au centre du monde. Autour d'elle orbite le Soleil, qui entraîne dans sa course toutes les autres planètes tournant autour de lui.

En 1609, s'appuyant sur les mesures de Tycho Brahe dont il devient l'assistant, le mathématicien allemand Johannes Kepler (1571-1630) démontre par le calcul que les orbites des planètes sont des ellipses dont un des foyers est le Soleil. Kepler en tire deux autres lois (la loi des aires et la loi des périodes) sur lesquelles s'appuiera le physicien anglais Isaac Newton en 1687 pour formuler mathématiquement sa célèbre loi de la gravitation.



Le système géo-héliocentrique de Tycho Brahe

Nicolas Bion. L'usage des globes célestes et terrestres et des sphères, suivant les différents systèmes du monde, Paris 1699. Bibliothèque du Musée d'histoire des sciences de Genève

La sphère armillaire

La sphère armillaire compte parmi les plus anciens instruments destinés à représenter l'Univers. Elle aurait été inventée par Archimède (287-212 av. J.-C.) en 250 av. J.-C. L'astronome grec Ptolémée* en parle dans son ouvrage *l'Almageste* vers 150 apr. J.-C. La sphère armillaire permet de représenter conjointement le Ciel et la Terre où se trouve l'observateur. Pour ne pas gêner la visibilité, l'instrument est constitué d'anneaux (les armilles) représentant les principaux cercles de coordonnées (écliptique*, méridien*, tropiques*, équateur*, cercles polaires*, etc.) ainsi que les astres (Soleil, Lune, planètes). On distingue deux types de sphères armillaires: les sphères ptolémaïques représentant un univers géocentrique et les sphères coperniciennes plaçant le Soleil au centre de l'Univers.

En Europe, la sphère armillaire connaît un grand essor au 16^e siècle à l'aube de la Renaissance. Elle sert aussi bien à déterminer la position des astres à différents moments de l'année qu'à faire des démonstrations astronomiques. Vers la fin du 17^e siècle, les sphères armillaires cessent d'être des instruments scientifiques pour devenir de luxueux objets de décoration en cuivre et en or ciselé destinés à orner les cabinets des princes et des empereurs.



Sphère armillaire géocentrique
MHS 1344
Papier, bois, Delamarche, France, 19^e siècle

* voir glossaire, page 9

L'astrolabe

Instrument prestigieux, esthétique, complexe, symbolisant la toute-puissance du savoir, l'astrolabe aurait été inventé par les Grecs anciens avant de se transmettre aux Arabes et de parvenir finalement en Occident à la fin du Moyen Age. Ses usages sont multiples : mesure de la hauteur des astres, détermination de la position des étoiles en fonction des jours de l'année, prédiction des heures de levers et couchers de soleil, relevés topographiques, etc.

Sur le plan astronomique, l'astrolabe donne une représentation « à plat » de la sphère céleste selon le principe de la projection stéréographique* développée par Ptolémée*. La carte du ciel est symbolisée à l'aide de l'araignée, un treillis mobile finement ciselé et découpé et dont chaque pointe indique une étoile. L'araignée tourne au-dessus d'un disque, le tympan, où figurent les principales coordonnées célestes* (hauteur, azimut) pour un observateur terrestre situé à une latitude donnée. La rotation de l'araignée autour du tympan reproduit le mouvement du ciel autour de la Terre (supposée fixe!) en 24 heures.



Astrolabe indo-marocain

MHS 1051

Cuivre, laiton, Maroc, Inde, 14^e-19^e siècle

* voir glossaire, page 9

La carte céleste mobile

Lorsque les astrolabes ont cessé d'être produits au 18^e siècle, ils ont été remplacés par des cartes célestes mobiles en carton, bien plus simples et plus abordables financièrement pour les astronomes amateurs. Aussi appelées cherche-étoiles ou planisphères, ces cartes continuent à être fabriquées aujourd'hui, à la seule différence que le carton original a été remplacé par du plastique. Elles se composent en général de deux disques superposés en carton ou en plastique. Le premier, qui est fixe, représente la voûte céleste avec les principales étoiles du ciel centrées sur le pôle. Le second disque mobile – l'horizon local –, qui tourne sur le premier, est partiellement évidé. Il laisse voir les étoiles visibles depuis un endroit précis sur la Terre à un moment donné. La voûte céleste est graduée sur le pourtour avec les jours de l'année et l'horizon local avec les heures du jour.

Pour obtenir le ciel du jour, il faut faire coïncider la date du calendrier avec l'heure de l'observation. Il suffit alors de placer la carte en dessus de sa tête en veillant à orienter ses directions cardinales avec celle de la Terre. Très faciles d'emploi, ces cartes ont un défaut : elles ne sont utilisables que pour une latitude donnée.



Carte céleste

MHS 2482

Carton, Genève, librairie Burckhardt,
Genève, fin 19^e-début 20^e siècle

Le nocturlabe

Appelé aussi « cadrans aux étoiles », cet instrument permet de connaître l'heure de nuit en observant la position de certaines étoiles (en général les « Gardes » de la constellation de la Grande Ourse et les deux étoiles brillantes à l'extrémité de la Petite Ourse) autour de l'étoile Polaire. En raison du mouvement de la Terre, les astres donnent l'impression d'effectuer un tour complet en 24 heures autour d'un point fixe : l'étoile Polaire.

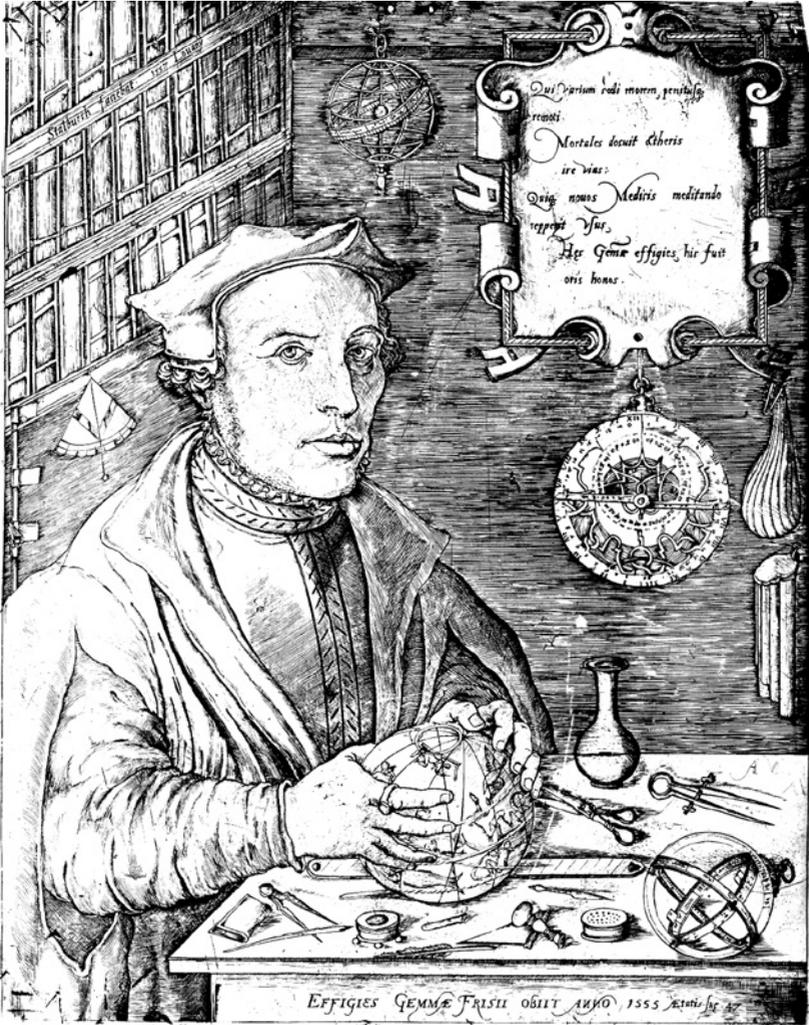
Inventé par le mathématicien et constructeur d'instruments scientifiques flamand Gemma Frisius (1508-1555) vers 1530, le nocturlabe fait partie de l'équipement de base des navigateurs jusqu'au 17^e siècle avant d'être abandonné au profit des chronomètres de marine mécaniques, bien plus précis. Le nocturlabe se compose de deux disques superposés et d'un bras mobile. Le plus grand disque porte une graduation en mois alors que le plus petit, mobile, est gradué en heures. On vise l'étoile Polaire à travers le petit trou au centre des deux disques, puis on bouge le bras mobile jusqu'à ce qu'il soit aligné sur les étoiles choisies. La partie inférieure du bras indique du même coup l'heure sur l'échelle horaire.



Nocturlabe

MHS 1860

Bois, laiton, Angleterre, 17^e siècle



Gemma Frisius

Gravure de Stalburgh, 1555, Bibliothèque royale Albert 1^{er}, Bruxelles

Le constructeur flamand d'instruments scientifiques Gemma Frisius (1508-1554) dans son atelier. Il tient dans ses mains une sphère céleste. Un anneau astronomique est posé sur la table. Au mur sont suspendus une sphère armillaire et un astrolabe.

L'anneau astronomique

Par sa conception, sa forme, et sa construction, ce type de cadran solaire est fortement apparenté aux sphères armillaires. Hormis sa fonction principale qui est de donner l'heure, l'anneau astronomique permet aussi de procéder à des relevés de position de certaines étoiles durant la nuit.

Inventés au 16^e siècle, les anneaux astronomiques ont été construits couramment jusqu'au 18^e siècle. Ils se composent en général de deux ou trois cercles métalliques. Le cercle extérieur, qui porte l'anneau de suspension, matérialise le méridien du lieu. Perpendiculaire à ce dernier, le cercle équatorial est doté des graduations horaires. Enfin, le troisième cercle, quand il existe, pivote à l'intérieur et est muni d'un viseur: il symbolise le méridien où se trouve le soleil. Pour trouver l'heure, il faut convenablement orienter le méridien mobile pour que les rayons solaires traversent le viseur et viennent frapper la graduation horaire inscrite sur le cercle équatorial.



Anneau astronomique
MHS 1806
Laiton, 16^e siècle (?)

Le globe terrestre

A partir du 4^e siècle av. J.-C., les Anciens considèrent que la Terre se doit de posséder la forme la plus parfaite de l'Univers : la sphère. Ce sont probablement eux qui ont construit le premier globe terrestre. Dans son ouvrage *Geographia*, Ptolémée* donne des indications sur la fabrication de globes.

En Occident, il faut attendre la découverte de l'Amérique en 1492 par Christophe Colomb (1451-1506) pour que l'industrie de la cartographie, et donc la fabrication de globes, se développe. Comme pour les sphères célestes, les premiers globes sont en métal et en bois gravés. Avec l'apparition de l'imprimerie, ils seront remplacés par des globes en bois recouverts de fuseaux de papier. Les globes terrestres représentent la Terre vue de l'extérieur alors que les sphères célestes décrivent le ciel vu de l'intérieur.



Globe terrestre de poche

MHS 1904

Carton, galuchat, papier, plâtre, Lane, Angleterre, 1776

* voir glossaire, page 9

La sphère céleste

La sphère céleste dresse la topographie du ciel. Les constellations et les étoiles y sont représentées telles qu'elles apparaissent à un observateur sur la Terre placée au centre de la sphère.

Les premières sphères célestes dateraient de l'Antiquité. En 150 apr. J.-C., Ptolémée*, reprenant les travaux de son prédécesseur Hipparque* (v. 190- v. 120 av. J.-C.), dresse un catalogue de plus de 1000 étoiles connues et les regroupe en 48 constellations. L'astronome et savant grec explique certaines règles à respecter dans la fabrication d'un globe ou d'une sphère céleste: les étoiles doivent être représentées en jaune et rouge sur un fond sombre et les étoiles d'une même constellation doivent être reliées entre elles par des traits et non pas faire partie de représentations figuratives qui gêneraient les calculs. Les sphères célestes sont d'abord réalisées en bois ou en métal gravés. Avec le développement de l'imprimerie, les sphères sont fabriquées à partir de papiers imprimés collés sur des globes en bois. Les sphères célestes imprimées deviennent très populaires aux 16^e et 17^e siècles où elles sont souvent construites pour faire la paire avec les globes terrestres.



Globe céleste de poche
MHS 1454
Bois, papier, plâtre, 18^e siècle

* voir glossaire, page 9

Le planétaire représente le mouvement des planètes du système solaire. Le tellurium se limite à décrire les orbites de la Terre et de la Lune autour du Soleil.

Copernic et Kepler auraient tenté de fabriquer chacun un planétaire représentant leur système du monde. En 1682, l'astronome et physicien hollandais Christian Huygens (1629-1695) réalise un planétaire mécanique qui décrit à l'échelle le système solaire et les six planètes connues alors (Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter et Saturne). Les planétaires rencontrent un grand succès au 18^e siècle et deviennent des accessoires indispensables dans les cabinets de physique et de curiosité. Animés par des systèmes complexes d'engrenages et de pignons, ces instruments illustrent à merveille la conception mécanique du monde énoncée par Isaac Newton (1643-1727) dans ses *Principia Mathematica* à la fin du 17^e siècle.



Grand planétaire

MHS 818

Acier, bois, ivoire, laiton, os, Adams, 1770

Glossaire

- Cercles polaires: Cercles imaginaires parallèles à l'équateur se trouvant à une distance angulaire de $23^{\circ}27'$ des pôles qui correspond à l'inclinaison de l'écliptique. Les cercles polaires délimitent des régions dans lesquelles il existe au moins un jour où le Soleil ne se lève pas en hiver et ne se couche pas en été.
- Coordonnées célestes: La position d'un corps céleste dans le ciel peut être définie pour un observateur terrestre par sa hauteur au-dessus de l'horizon et son azimut (l'angle horizontal entre la direction de l'objet et le nord géographique).
- Ecliptique: Cercle parcouru par le Soleil dans le ciel dans son mouvement apparent autour de la Terre. L'écliptique est incliné de $23^{\circ}27'$ par rapport à l'équateur, ce qui correspond à l'angle d'inclinaison de la Terre sur son plan d'orbite autour du Soleil.
- Equateur: Ligne imaginaire autour de la Terre où tous les points se trouvent à égale distance des deux pôles. L'équateur sépare l'hémisphère Nord de l'hémisphère Sud.
- Hipparque (v. 190 av. J.-C. - 120 av. J.-C.): Astronome et mathématicien grec, Hipparque a dressé un des premiers catalogues d'étoiles. Il aurait aussi inventé l'astrolabe.
- Méridien: Ligne imaginaire à la surface du globe qui rejoint les deux pôles.
- Ptolémée (100-168 apr. J.-C.): Astronome, astrologue et géographe grec qui vécut à Alexandrie. Il est l'auteur, entre autres, d'un traité d'astronomie, *l'Almageste*, et d'un autre de géographie, *Géographia*, qui ont exercé une forte influence sur les sciences arabes et occidentales.
- Projection stéréographique du ciel: Méthode de représentation de la sphère céleste sur une surface plane (l'équateur) pour un observateur placé au pôle Sud.
- Tropiques: Les deux cercles imaginaires parallèles à l'équateur se trouvant de part et d'autre de ce dernier, et où le Soleil atteint alternativement une élévation de 90° lors des solstices.

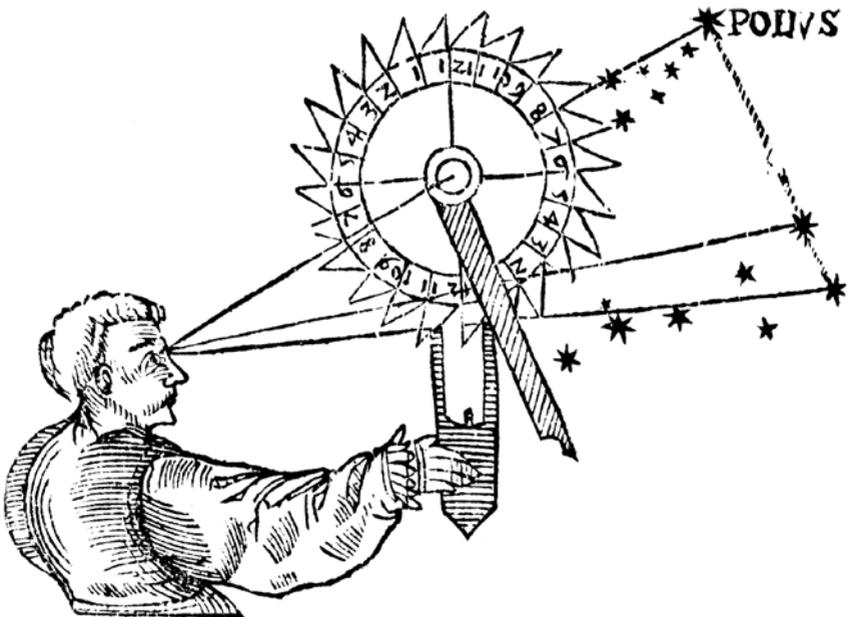
Bibliographie

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

Demoriane Hélène. *Comment reconnaître les instruments scientifiques du temps passé*. Hachette, Paris, 1974.

Hébert Elizabeth. *Instruments scientifiques à travers l'histoire*. Ellipses, Paris, 2004.

Kugel Jacques. *Sphères, l'art des mécaniques célestes*. Paris, 2002.



Utilisation du nocturlabe, d'après Apianus, *Cosmographia*, Anvers, 1564

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