

**DOSSIER
PÉDAGOGIQUE**



**DE
TEMPS
EN TEMPS
UNE EXPO
QUI EN PARLE**



Espace des Inventions
Vallée de la Jeunesse

musée d'histoire
des sciences

Ce dossier pédagogique est destiné aux élèves des dernières années de l'enseignement primaire.

Vu la richesse de la thématique et le foisonnement des pistes proposées, son adaptation est possible de cas en cas pour les plus jeunes, et son utilisation est préconisée sans réserve pour les plus âgés.

TABLE DES MATIERES

INFOS PRATIQUES POUR LES ECOLES	2
L'ESPACE DES INVENTIONS EN QUELQUES MOTS	4
LE MUSEE D'HISTOIRE DES SCIENCES EN QUELQUES MOTS	7
INTRODUCTION A L'EXPOSITION	8
AVANT LA VISITE	9
Notions de base sur le temps	9
Activités en classe pour introduire l'expo	20
PENDANT LA VISITE	22
Les panneaux de l'exposition	22
APRÈS LA VISITE	23
Activités en classe pour aller plus loin	23
GLOSSAIRE	31
BIBLIOGRAPHIE, SITES WEB	34

INFOS PRATIQUES POUR LES ÉCOLES

Espace des Inventions
Vallée de la Jeunesse



**Espace
des Inventions** Vallée de la Jeunesse 1
1007 Lausanne

www.espace-des-inventions.ch

info@espace-des-inventions.ch

tél.: + 41 21 315 68 80

fax: + 41 21 315 68 82

Horaires L'exposition « De temps en temps » est présentée
du 24 mai 2008 au 31 juillet 2009.

Mardi-samedi 14h00 à 18h00

Dimanche et jours fériés 10h00 à 18h00

Ouvertures spéciale pour les classes

mardi-vendredi de 8h30 à 18h00

Fermetures 24, 25, 31 décembre et 1^{er} janvier
du 31 juillet au 12 août 2008

Tarifs	Ecoles	Fr. 3.- par élève (visite guidée comprise)
	Enfant jusqu'à 6 ans	gratuit
	Enfant (dès 7 ans)	Fr. 3.-
	Etudiant, apprenti	
	Chômeur, AVS	Fr. 3.-
	Adulte	Fr. 5.-

A savoir Pour les écoles, la réservation est obligatoire (au minimum deux semaines à l'avance).
Visite guidée par des animateurs formés. Compter 1h30 sur place.

Pour assurer la pertinence et l'intérêt de la visite, il est fortement conseillé de la préparer en classe avant votre venue à l'Espace des Inventions. Le présent document vous y aidera.

Ce dossier pédagogique est téléchargeable sur
www.espace-des-inventions.ch. Vous pouvez également l'obtenir
par courrier en contactant l'Espace des Inventions.

L'exposition « De temps en temps » est recommandée pour les enfants à partir du premier cycle primaire (environ 7 ans). Il n'y a pas de limite supérieure.

Accès

En transports publics

Depuis la gare : bus 1 (direction Maladière), arrêt Maladière.

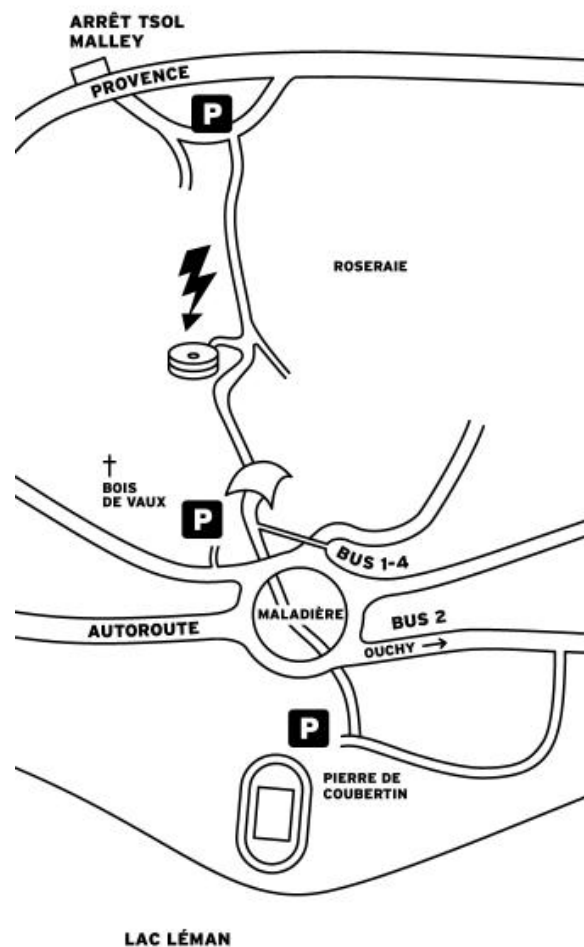
Depuis le centre ville : bus 1 ou 4 (direction Maladière), arrêt Maladière.

Depuis Ouchy : bus 2 (direction Bourdonnette), arrêt Maladière.

Suivre ensuite les panneaux « Vallée de la Jeunesse », puis « Espace des Inventions ». Remonter une grande passerelle qui passe sous une voûte en béton. L'Espace des Inventions est le bâtiment situé en haut à gauche de cette passerelle. Il a une forme de champignon, muni d'un cadran solaire géant sur le toit.

En voiture

Autoroute direction Lausanne-Sud, Lausanne-Maladière, sortie à la fin de l'autoroute sur le giratoire de la Maladière. Dans le giratoire, prendre la 4^e sortie (indiqué Genève, Neuchâtel, Vallorbe). Quelque 100 mètres plus loin, prendre à droite (indication « Espace des Inventions, Vallée de la Jeunesse »). Se garer au parking du cimetière.



L'ESPACE DES INVENTIONS EN QUELQUES MOTS

Ouvert depuis décembre 2000, l'Espace des Inventions est un lieu qui affiche la vocation d'éveiller l'intérêt des jeunes à la science et à la technique, éléments déterminants de notre culture auxquels il convient de sensibiliser les générations futures.

Dans un bâtiment unique datant de l'Exposition nationale de 1964, l'Espace des Inventions propose au public des expositions traitant de thèmes scientifiques. Ces expositions sont conçues de manière à ce que l'appréhension et la compréhension des phénomènes se fassent par l'intermédiaire de l'observation et de la manipulation. L'Espace des Inventions organise régulièrement des ateliers pour les enfants (le Club des Petits Inventeurs) durant lesquels il propose aux jeunes de 7-12 ans de s'initier à la démarche de l'ingénieur en réalisant des expériences scientifiques et des objets techniques qu'ils ramèneront à la maison. Durant ces ateliers, les enfants construisent, par exemple, un moteur électrique, un cadran solaire, un périscope ou encore une voiture solaire. Sous l'appellation Pain, Science & Chocolat, un cycle de conférences scientifiques familiales est en outre organisé chaque automne. L'Espace des Inventions organise enfin diverses animations à caractère scientifique tout au long de l'année sur le site de la Vallée de la Jeunesse ou ailleurs.



INFOS PRATIQUES POUR LES ÉCOLES



Musée d'histoire des sciences de Genève

Villa Bartholoni
Parc de la Perle du lac
128, rue de Lausanne
1202 Genève
www.ville-ge.ch/mhs
mhs@ville-ge.ch

Horaires

L'exposition « De temps en temps » est présentée
du 4 juin 2008 au 20 avril 2009.
Ouvert tous les jours de 10h à 17h
Fermé le mardi
Fermeture les 25 décembre et 1^{er} janvier
Entrée libre

A savoir

S'adresser à l'accueil du Musée au + 41 22 48 50 60
ou par email à mhs@ville-ge.ch

Pour assurer la pertinence et l'intérêt de la visite,
il est fortement conseillé de la préparer en classe
avant votre venue au Musée d'histoire des sciences.
Le présent document vous y aidera.

Ce dossier pédagogique est téléchargeable sur
www.ville-ge.ch/mhs. Vous pouvez également
l'obtenir par courrier en contactant le Musée
d'histoire des sciences.

L'exposition « De temps en temps » est recommandée
pour les enfants à partir du premier cycle primaire
(environ 7 ans). Il n'y a pas de limite supérieure.

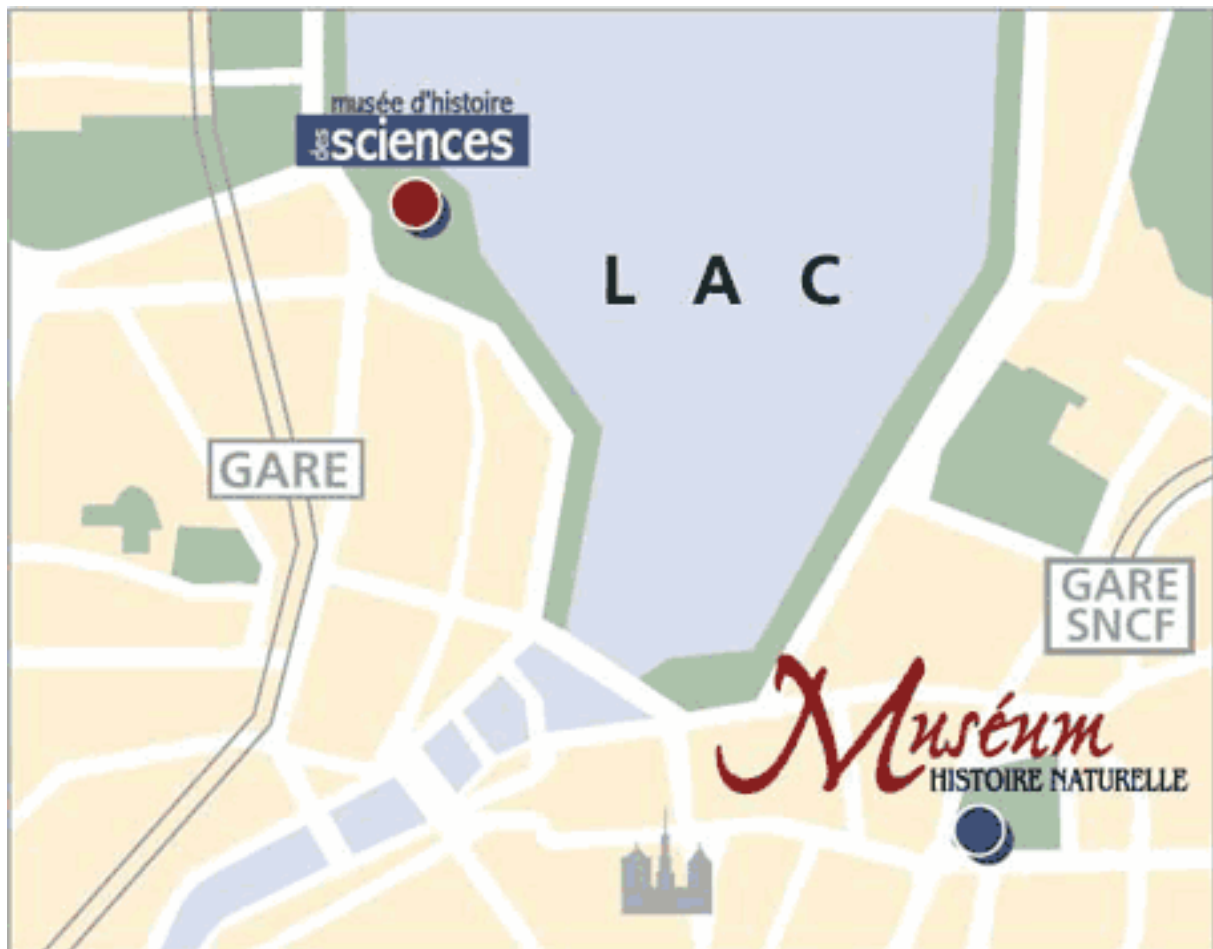
Accès

En transports publics

Depuis la gare : TPG bus 1, arrêt Sécheron, tram 13 et 15, arrêt Butini ou France, bus 11 et 28, arrêt Jardin botanique, Mouettes M4, arrêt Perle du Lac. Le Musée se trouve dans la Villa Bartholoni, une villa de maître nichée dans le Parc de la Perle du lac.

En voiture

Déconseillé. En semaines, quelques places de parc disponibles à l'entrée du Parc de la Perle du lac. Le week-end, possibilité de stationner au parking de l'OMC, tout proche.



LE MUSÉE D'HISTOIRE DES SCIENCES EN QUELQUES MOTS

Unique en son genre en Suisse, le Musée d'histoire des sciences abrite une collection d'instruments scientifiques anciens issus des cabinets des savants genevois du 17^e au 19^e siècle (de Saussure, Pictet, de la Rive, Colladon, etc.). Les objets présentés dans les différentes salles permanentes sont des témoins d'une percée scientifique, de l'histoire de Genève, mais aussi de la construction du savoir scientifique et des idées en général. Ils permettent de remettre en perspective la science d'aujourd'hui et de mieux comprendre l'évolution de certaines disciplines et techniques comme l'astronomie, la microscopie, la gnomonique, l'électricité ou la météorologie.

En plus de la réalisation d'expositions temporaires et du réaménagement de l'exposition permanente, le Musée organise des événements permettant un débat citoyen sur la science, notamment par la rencontre du public avec des scientifiques lors du grand rendez-vous estival biannuel de « la Nuit de la Science », lors de cafés scientifiques ou de conférences.

Le Musée d'histoire des sciences occupe l'exceptionnelle villa Bartholoni, joyau néo-classique de 1830, situé dans le cadre enchanteur du parc de la Perle du lac sur les rives du lac Léman.



INTRODUCTION À L'EXPOSITION

« De temps en temps » traite des différents aspects du temps qui passe, tant scientifiques que sensoriels. Conçue dans un esprit ludique et didactique, cette exposition est destinée à des publics divers, familles ou curieux de tous horizons.

« De temps en temps » est le fruit d'un ambitieux projet de collaboration entre le Musée d'histoire des sciences de Genève et l'Espace des Inventions de Lausanne. Cette exposition y sera présentée simultanément, avec des éléments interactifs entre les deux institutions.

*Temps naturel, temps de la Terre et du vivant,
Temps du cosmos, du soleil et des étoiles,
Temps découpé, temps du calendrier,*

*Temps mesuré, temps de l'eau, du sable et du feu,
Temps fabriqué, temps des horlogers,
Temps des voyageurs, temps des marins,*

*Temps ressenti, temps suspendu, temps étiré,
Temps à venir, temps présent déjà passé,
Temps qui s'écoule alors même que l'aiguille de la montre s'arrête,*

Le temps nous concerne tous, petits et grands!

Nous ressentons intimement le temps qui passe alors qu'aucun de nos cinq sens ne peut nous aider à le percevoir. Nos vies biologiques pulsent à son rythme, nos vies sociales sont organisées selon ses cycles, l'image que nous nous faisons du monde et de nous-mêmes en est totalement dépendante. Nous avons appris à y distinguer des repères, à le baliser, à le mesurer à l'aide d'instruments de plus en plus précis. Nous avons aussi appris à « oublier le temps » ou à « ne pas voir le temps passer » pour rendre plus supportable son inexorable avancée. Enfin, les scientifiques du 20^e siècle nous ont proposé un temps élastique et lié à l'espace, et qui serait né en même temps que lui, il y a environ 15 milliards d'années, l'âge approximatif de notre univers...

Même sans évoquer ce temps relativiste avec les plus jeunes, la question du temps reste délicate à aborder avec eux, car les notions d'espace et de temps se construisent lentement et deviennent tardivement opérationnelles. Il n'est pas non plus facile à traiter avec les plus grands, car il donne vite le vertige, comme l'exprimait Saint Augustin (354-430) dans ses Confessions: « Qu'est-ce donc que le temps? Si personne ne me le demande, je le sais: si je veux répondre à cette question, je l'ignore! ».

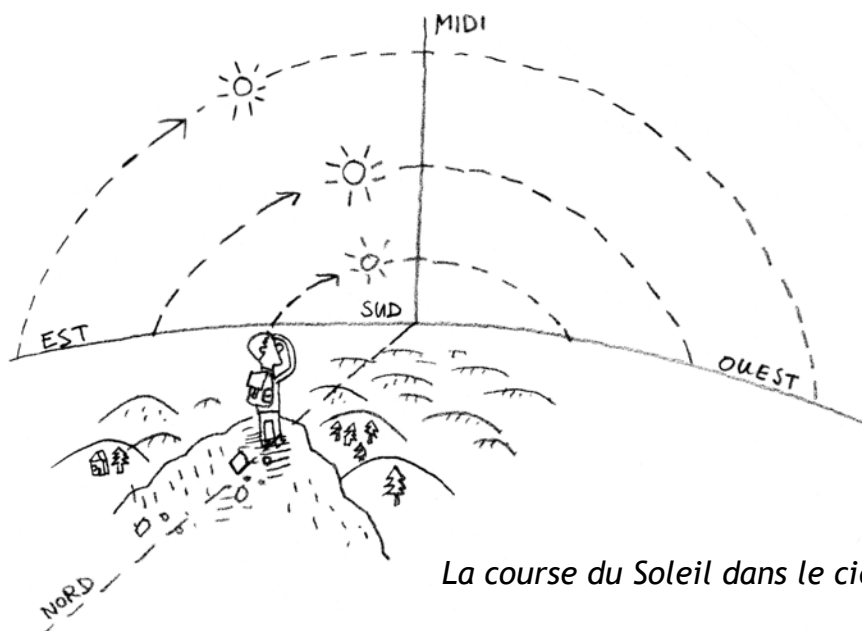
Alors... rien ne semble plus recommandé qu'un parcours dans l'exposition « De temps en temps »! Son approche est résolument ludique et didactique, et elle donne aussi à voir de nombreux instruments rares et originaux sur le sujet.

AVANT LA VISITE

NOTIONS DE BASE SUR LA MESURE DU TEMPS

Le temps cosmique

Chaque matin, le soleil apparaît à l'horizon. Il monte ensuite au plus haut dans le ciel, il est alors midi. Puis il redescend jusqu'à disparaître, le jour baisse et la nuit commence. La lune brille, la voûte céleste se couvre d'étoiles, et tout recommence le jour suivant, mais pas exactement de la même façon ! En effet, tout au long de l'année et selon le même déroulement immuable, des changements ont lieu. Ainsi au midi solaire*, un peu avant le solstice d'été*, le soleil culmine toujours plus haut dans le ciel (mais jamais au zénith* sous nos latitudes !) avant de baisser sur l'horizon sitôt cette date passée. On le retrouve six mois plus tard au plus bas, un peu avant le solstice d'hiver*, tandis que les nuits augmentent et réduisent la longueur des jours. Les trajectoires apparentes de la Lune, des étoiles et des planètes évoluent elles aussi de nuit en nuit, de saison en saison, et se reproduisent à l'identique un an plus tard.



La course du Soleil dans le ciel

Et qu'il y ait des nuages pour nous cacher ce ballet cosmique ne change rien à sa régularité ! Celle-ci semblait aux hommes si extraordinaire que, dans toutes les cultures, ils l'assimilaient à une volonté divine. Les savants, les astronomes et astrologues (qui étaient très souvent les mêmes personnes) mais aussi les agriculteurs, s'en servaient pour se repérer dans la journée, pour savoir quelle saison était attendue, et établir des calendriers (lunaires et solaires) afin de fixer les rites religieux, les activités sociales et les travaux des champs.

* voir glossaire

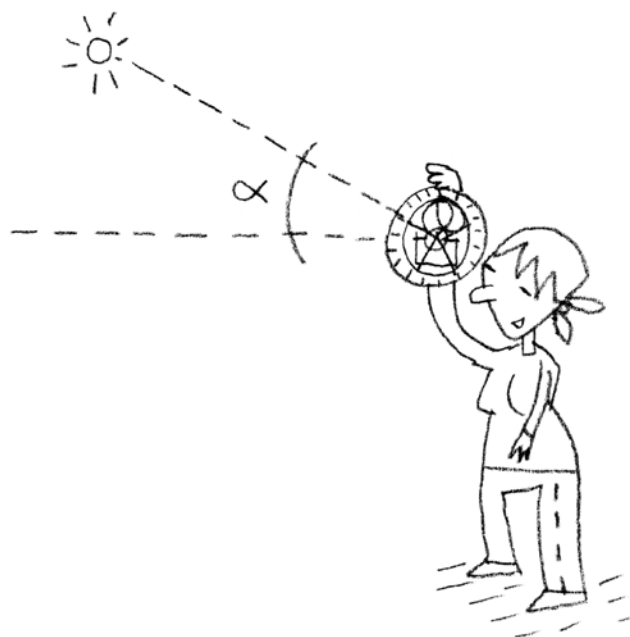
Le ciel apparaît d'une certaine manière comme une grande horloge céleste où manquent les aiguilles et les graduations. Pour l'utiliser, il faut construire des instruments où sont tracés des repères: c'est la fonction que remplirent pendant des siècles les astrolabes, les nocturlabes, et les cadrans solaires, décrits un peu plus loin.

Aujourd'hui, le temps est donné à l'infime fraction de seconde* près, mais ces rythmes et ces repères naturels n'ont pas changé. Et que ce soit la Terre qui tourne autour du Soleil, et non l'inverse, ne change rien non plus au mouvement apparent de celui-ci, vu depuis notre planète.

- ➡ Voir les panneaux de l'exposition «Planétaire géocentrique», «Planétaire héliocentrique», «Les phases de la lune», «Calendrier perpétuel»

Les astrolabes

Les astrolabes sont de prestigieux instruments permettant d'emporter avec soi la voûte céleste soigneusement reportée sur des disques de métal gravés. Chacun d'eux correspond à la latitude* supposée du lieu d'observation et est utile pour se repérer, connaître l'heure, etc. Leur étymologie est révélatrice: littéralement, ils «capturent les étoiles», même s'ils peuvent aussi être utilisés pour d'autres fonctions pendant la journée. On peut imaginer qu'ils étaient aussi précieux, pour les plus grands savants arabes et européens jusqu'à la période de la Renaissance, que nos modernes ordinateurs portables (où l'on aurait de plus intégré une fonction GPS!).

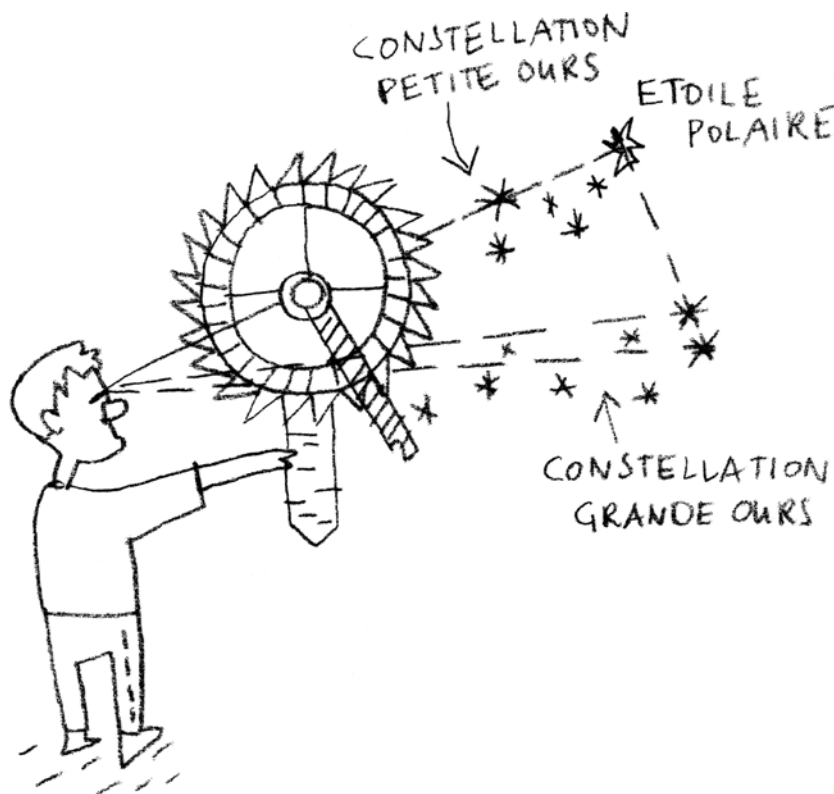


- ➡ Voir le panneau de l'exposition «Le temps des astronomes»
- ➡ Voir «Révolution(s)», carnet proposé dans la salle des globes et planétaires au rez-de-chaussée du Musée d'histoire des sciences (téléchargeable sur www.ville-ge.ch/mhs)

Les nocturlabes

Les nocturlabes capturent l'heure de la nuit en visant la position relative de certaines étoiles par rapport à l'étoile Polaire, et en lisant leur écart sur une graduation. Les marins les ont utilisés aussi longtemps que leurs horloges de bord n'ont pas donné la précision voulue.

- ➔ Voir le panneau de l'exposition « Le temps des étoiles »
- ➔ Voir « Révolution(s) », carnet proposé dans la salle des globes et planétaires au rez-de-chaussée du Musée d'histoire des sciences.



Les cadrans solaires

Il existe des cadrans solaires de toutes les dimensions, depuis le format de poche à celui de jardin. Ils sont loin d'avoir tous la forme de cadrans : le terme d'« horloge solaire » conviendrait mieux (cf. le terme allemand « Sonnenuhr »). La plupart donnent l'heure à partir de la longueur de l'ombre d'une pointe placée sur une surface préalablement graduée. Les plus anciens remontent à la haute Antiquité, ils ont des heures inégales, courtes l'hiver et longues l'été. Puis ils ont dû s'adapter à la régularité des horloges et indiquer des heures égales toute l'année. Comme les savants étaient souvent de grands voyageurs, beaucoup étaient réglables en fonction de la latitude*.

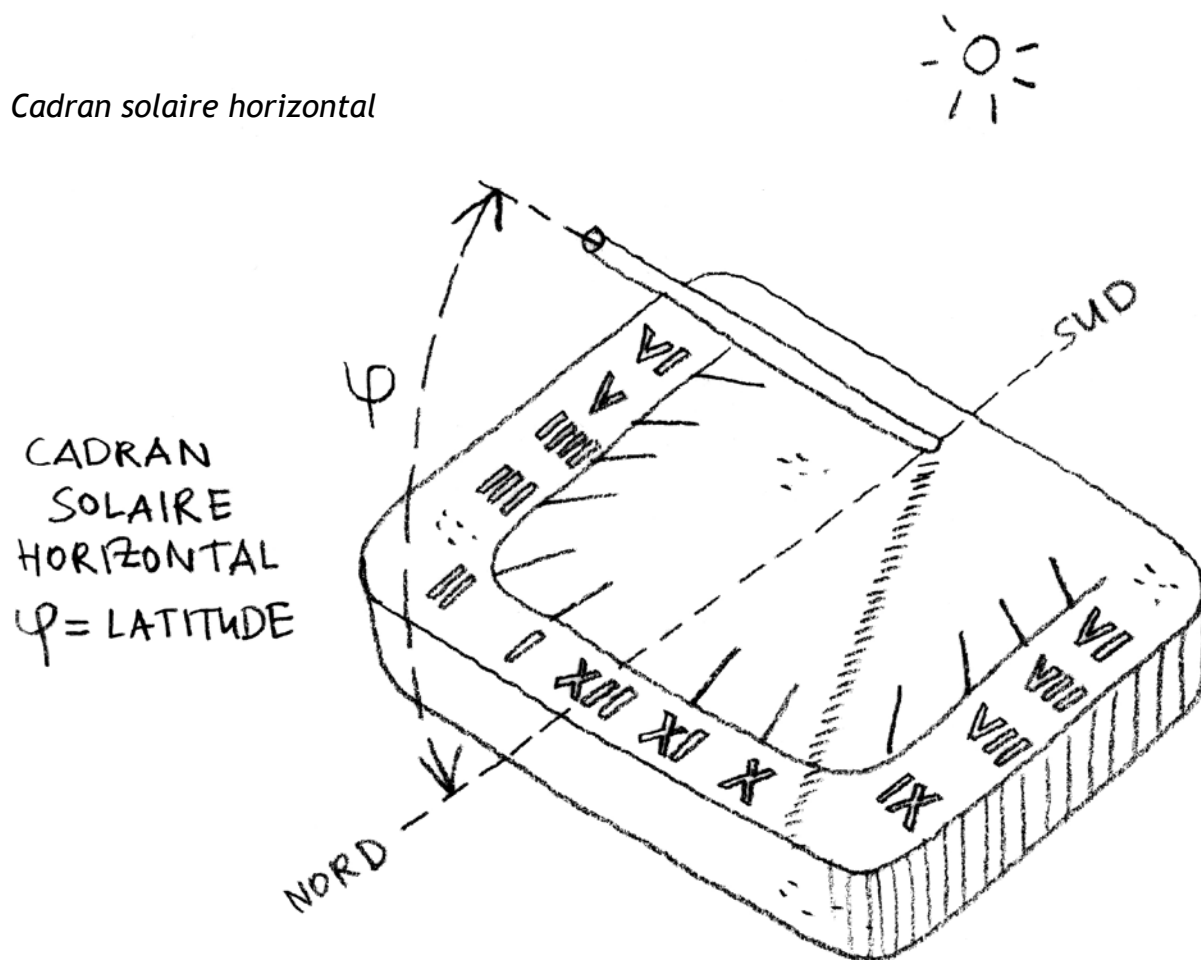
Aujourd'hui, l'heure solaire locale* n'est plus celle de nos montres, mais certains cadrans sont parfois construits pour donner directement l'heure légale*. C'est le cas de celui qui est situé sur le parvis du Musée d'histoire des sciences de Genève (où c'est votre propre ombre qui donne l'heure!). Vous pouvez même y faire les ultimes corrections pour obtenir le temps (solaire) moyen* et obtenir l'heure de vos montres à quelques minutes près.

Jusqu'au début du 19^e siècle, les cadrans solaires étaient encore utilisés par les horlogers, les chefs de gare, et tout possesseur de montre pour recaler leurs instruments sur le midi du soleil. C'est le moment précis où la tige du cadran solaire projette son ombre sur le méridien* du lieu (du latin *meridie*, midi).

L'heure prise aux étoiles (l'heure astronomique) est encore plus précise, mais nécessite une communication directe avec les observatoires, ce que l'électrification de l'heure a permis à la fin du 19^e siècle, en mettant par ailleurs fin à l'usage du cadran solaire.

- ➔ Voir le panneau de l'exposition « Le temps du Soleil »
- ➔ Voir « L'heure au Soleil », carnet proposé dans la salle des cadrans solaires au rez-de-chaussée du Musée d'histoire des sciences (téléchargeable sur www.ville-ge.ch/mhs)

Cadran solaire horizontal

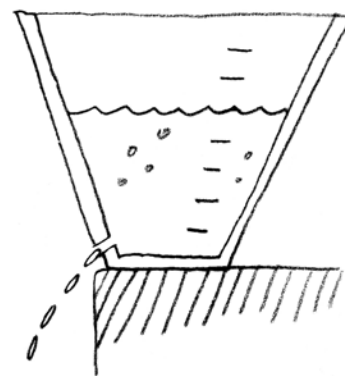


Le temps qui s'écoule

La durée d'une action est parfois plus importante que l'heure à laquelle elle a lieu. Il en était ainsi du temps consacré à la prière dans un monastère, ou accordé à un orateur dans un prétoire. Ces intervalles de temps reproductibles peuvent être fournis par des phénomènes simples: l'écoulement uniforme d'eau ou de sable par la petite ouverture d'un récipient, la combustion régulière de l'huile d'une lampe ou de la mèche d'une bougie.

Les horloges à eau et à feu

Les clepsydras (du grec *clepsydra*, «qui vole l'eau») sont des horloges à eau utilisées depuis des temps très anciens. Un simple récipient comprenant un petit trou à sa base et gradué intérieurement peut faire office de clepsydre. On en trouve trace chez les Egyptiens, les Romains, dans l'Europe du Moyen Age, et aussi chez les Chinois et les Arabes où elles pouvaient atteindre une complication extrême qui les rendait prestigieuses. Les durées peuvent aussi être repérées par la combustion régulière de l'huile d'une lampe, de la cire d'une bougie, voire d'un bâton d'encens. Des lampes à huile à réservoir gradué permettaient de garder l'heure pendant la nuit. La combustion d'une bougie est toujours utilisée de nos jours, lors de certaines ventes aux enchères traditionnelles.



L'horloge à sable

Les sabliers sont nés beaucoup plus tard, au 14^e siècle, en même temps que l'horloge mécanique. Ce qu'on nomme «sable» est le plus souvent du marbre pilé ou des coquilles d'œuf réduites en poudre. La fabrication d'un seul récipient de verre muni en son centre d'un étroit rétrécissement qui ne s'use pas trop vite est une prouesse technique. Celle-ci a succédé aux sabliers moins fiables formés de deux ampoules reliées entre elles.

➡ Voir le panneau de l'exposition «Le temps d'une durée»

Le temps des horloges

Le tic-tac

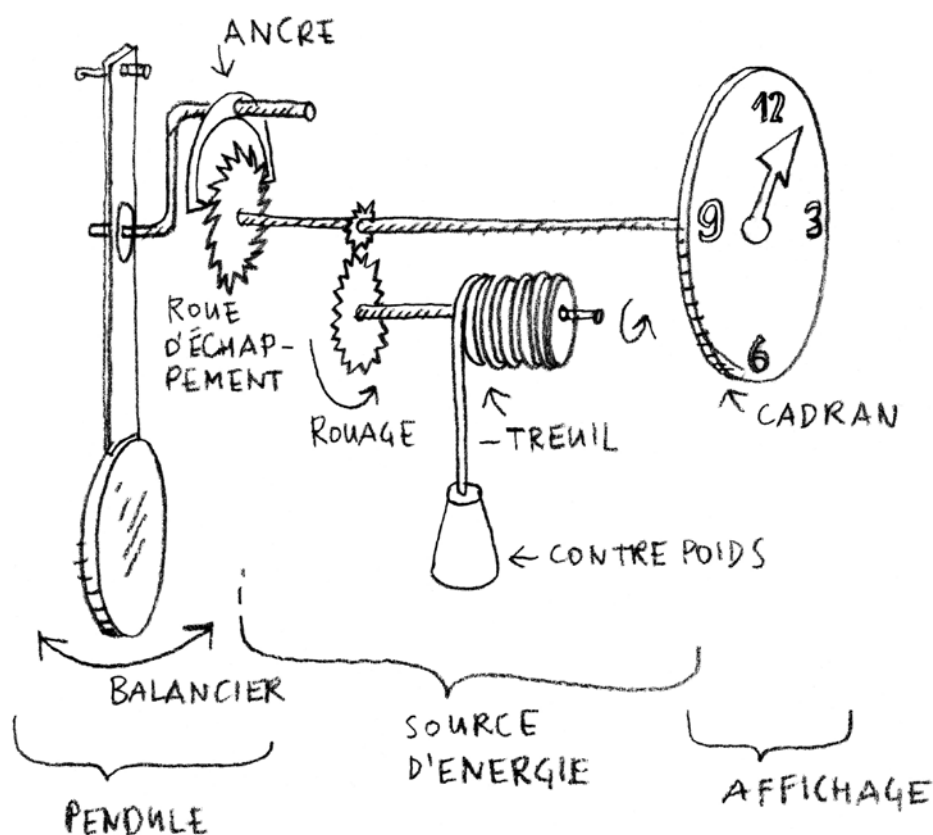
Les premières horloges mécaniques sont fabriquées par des serruriers dès la fin du 13^e siècle. Elles sont la synthèse ingénieuse des mesures de durée et des repères cosmiques : remises à l'heure au midi du soleil, ce sont des « machines à compter » d'instants égaux. Leur « tic, tac » rythme désormais la vie sociale et religieuse. A sa naissance, l'horloge de clocher est souvent sans aiguille et ne fait que sonner les heures. La manière anglaise de donner l'heure, avec l'expression « o'clock », garde trace de cette première utilisation. On adjoint ensuite une, puis deux aiguilles à un mécanisme qui devient toujours plus précis. Puis apparaît l'horloge de table, encore rare au 15^e siècle, qui se généralise au 16^e siècle tandis que se miniaturisent les montres et les pendules à poser ou à suspendre. Les moyens techniques suivent les besoins grandissants de précision de la classe aisée, ces objets restant longtemps coûteux.

Une horloge, c'est...

Tout « garde-temps » mécanique, qu'il soit horloge, montre, ou pendule, comporte toujours :

- Un oscillateur
Initialement à foliot*, il est avantageusement remplacé au 17^e siècle par un pendule*. Très peu de temps après, la miniaturisation des horloges est rendue possible par l'invention du balancier spiral*. Beaucoup plus tard viendra le quartz, fournissant à l'échelle atomique des oscillations d'une extrême régularité. Or plus celles-ci sont régulières, plus l'horloge est précise.
 - Une source d'énergie
Consistant d'abord en un poids dont la chute est contrôlée (d'où l'expression « remonter » une horloge ou une montre), puis en un ressort enroulé, elle devient souvent électrique dès le 19^e siècle
 - Un échappement et un affichage
Cette pièce maîtresse contrôle la force motrice (par exemple le freinage du poids), et compte les oscillations tout en assurant la transmission grâce à des engrenages jusqu'à l'affichage par exemple les aiguilles des heures, des minutes et des secondes, et pour les plus complexes des indications astronomiques)
- ➡ Voir panneaux de l'exposition « Une horloge à toucher », « Mécanismes de clocher »

Schéma horloge



Compter le temps...

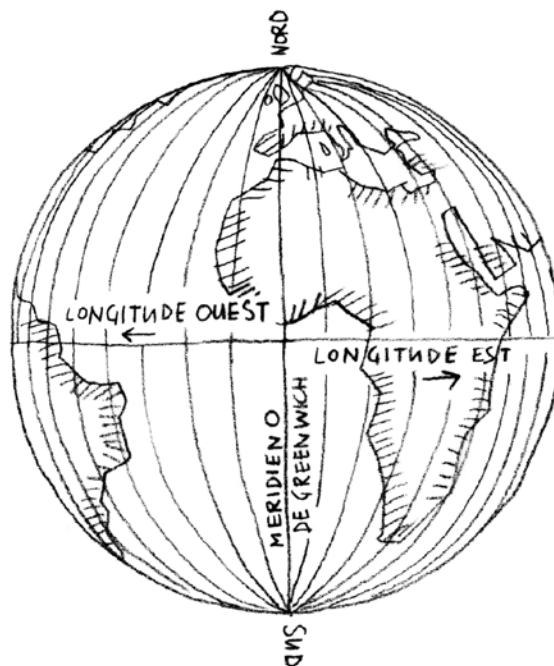
- Pourquoi y a-t-il 12 mois de 30 jours (en moyenne !) dans une année, 24 heures dans un jour, 60 minutes dans une heure et 60 secondes dans une minute ?
- La manière de décompter le temps nous vient de loin, et plus précisément des peuples qui vivaient dans l'ancienne Mésopotamie, plusieurs millénaires avant J.-C.
- Alors que dans notre système décimal le nombre 10 n'est divisible que par 2 et 5, le nombre 60 est divisible par 30, 20, 15, 12, 10, 6, 5, 4, 3, et 2, et le nombre 12 est déjà divisible par 6, 4, 3 et 2. Les systèmes sexagésimal (en base 60) et duodécimal (en base 12) avaient donc de bonnes raisons de traverser les siècles, malgré les tempêtes révolutionnaires.

➡ Voir le panneau de l'exposition « Le temps de la révolution »

- Nous sommes si habitués à notre actuel système décimal que nous peinons à faire des calculs en base 60. En effet dans ce système, $30 + 30$ (minutes) = 1 (heure), $12 + 12$ (heures) = 1 (jour). Mais aussi $1h\ 30 - 40$ minutes = 50 minutes, etc.

Compter le temps... et l'espace : le problème de la longitude*

- 24 fuseaux horaires découpent la planète sur 360° . Chaque fuseau a une heure de décalage horaire avec son voisin, ou 15° de longitude*.
 - Dès le 17^e siècle, connaître précisément sa position en mer avait un tel intérêt stratégique que les souverains européens payaient très cher les recherches sur ce sujet. Si la latitude* était obtenue facilement, la connaissance précise de la longitude* était plus problématique, et on pensait alors que la réponse ne pouvait venir que de l'observation du ciel. L'Observatoire de Greenwich avait été fondé en 1675 avec cette principale mission confiée à son directeur, nommé Astronome Royal.
 - Pourtant c'était des sabliers, résistant à la rouille et au roulis, que Christophe Colomb avait utilisés à la fin du 15^e siècle. Ils lui avaient permis d'une part de connaître le temps passé à bord, d'autre part de garder l'heure de son point de départ. Une heure correspondant à 15° , il pouvait en déduire sa situation en mer, avec cependant d'énormes approximations...
 - C'est finalement un garde-temps fabriqué par la main de l'homme, et non pas une solution astronomique, qui sortira vainqueur du Prix de la longitude* proposé en Angleterre. D'une valeur faramineuse de 20 000 livres, ce prix stipulait que la variation de mesure du garde-temps ne devait pas excéder 2,8 secondes par jour. C'est l'horloger John Harrison qui construisit en 1759, après plusieurs essais, le premier chronomètre de marine répondant à ces critères, insensible au roulis et aux conditions extrêmes d'humidité et de température. Les astronomes, vexés de voir qu'une simple horloge pouvait être plus performante que leurs observations et leurs savants calculs, feront une terrible résistance au petit artisan. Ce n'est qu'en 1773 qu'Harrison recevra le Prix de la longitude* des mains du Roi d'Angleterre. Épuisé, il mourra 3 ans plus tard.
- ➡ Voir les panneaux de l'exposition « Le temps des marins », » « Quelle heure est-il dans votre fuseau horaire? », « Quel jour sommes-nous? »



Et au 20^e siècle...

- A la fin du 19^e siècle, ce sont les observatoires astronomiques qui diffusent l'heure exacte avec une précision de l'ordre du 1/1000^e de seconde par jour. Les astronomes ont longtemps apporté la meilleure précision pour remettre à l'heure les horloges mécaniques, en repérant le temps que met, d'une nuit à l'autre, la même étoile pour repasser dans l'objectif de leur télescope.
 - Puis au milieu du 20^e siècle, la précision fait un énorme bond en avant avec l'apparition d'un nouvel oscillateur: le quartz. Dès 1928 on sait déclencher et transmettre l'oscillation naturelle de ce cristal dans une horloge, mais les premières montres à quartz à destination du grand public ne sont proposées qu'à partir de 1972. Par la suite, c'est la miniaturisation croissante des circuits intégrés (les « puces ») qui a révolutionné l'industrie du temps: elle permet de proposer des montres précises à des prix dérisoires.
 - Pendant ce temps, les progrès de la physique permettent de construire des horloges atomiques. Elles ne donnent pas directement l'heure mais sont de fidèles et précis garde-temps: deux horloges à césium* se décalent l'une de l'autre de 3 secondes en un million d'années. Dès 1967, elles servent à définir l'étalon international de mesure du temps: la seconde *.
 - Quant au « tic-tac » perdu... c'est le cosmos qui continue de nous le faire percevoir, très loin de la Terre: les pulsars, sortes d'étoiles tournantes, émettent plusieurs centaines de fois par seconde des ondes extrêmement régulières.
 - Depuis la théorie de la relativité d'Einstein au tout début du 20^e siècle, les lois de la physique qui s'appliquent au temps peuvent nous surprendre, tant elles sont contraires au bon sens:
 - le temps et l'espace sont liés, on parle alors d'espace-temps. On tente ainsi de dire avec des mots (alors que tout est écrit sous forme d'équations mathématiques!) qu'au moment du Big Bang* le temps a été créé en même temps que l'espace et qu'avant cela, ni l'un ni l'autre n'existait...
- ➡ *Voir le panneau « Qu'y avait-il avant le temps? »*
- le temps ne s'écoule pas régulièrement en toutes circonstances. En particulier, il se dilate (il devient « plus long »!) pour des particules allant à des vitesses se rapprochant de celle de la lumière. Ces conditions extrêmes sont, par exemple, celles auxquelles on soumet les particules lors des expériences menées au CERN*, sur la frontière franco-suisse près de Genève.
 - Heureusement, dans la vie de tous les jours, nos notions habituelles du temps continuent d'être valables...

Le temps ressenti

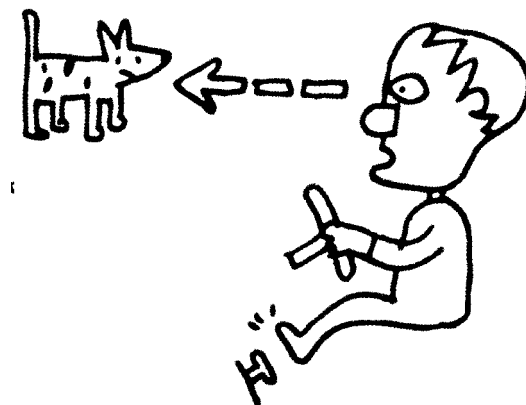
Aussi précis que soit le temps mesuré aujourd'hui grâce aux instruments les plus performants, nous restons toujours soumis à notre temps propre, celui que nous ressentons. Des personnes vivant le même événement au même endroit et au même moment ne vont pas en percevoir la durée de la même manière. Ainsi, entre un patient malade et un médecin, ou entre un élève et son enseignant, la perception du temps peut être complètement différente. De même, si on s'ennuie ou si on éprouve du plaisir à pratiquer une activité, la durée du temps passé semble différente. Les minutes peuvent paraître très longues, ou très courtes : c'est un temps subjectif, différent du temps des horloges.

➡ Voir panneau de l'exposition « *Le temps ressenti* »

Le temps de réaction

Parmi nous tous, il y a des personnes très vives et d'autres très lentes : nous sommes différents face à nos temps de réaction. Dans le passé, on jugeait parfois les enfants, ou certaines personnes qu'on disait « arriérées », sur le temps au bout duquel ils parvenaient à apprendre certains gestes, ou sur la vivacité de leur temps de réaction. On les faisait s'exercer à une tâche tout en mesurant au chronomètre le temps qu'ils mettaient, afin de mesurer leur intelligence, et sans se soucier de savoir si c'était stressant pour eux. On sait aujourd'hui que des compétences autres que la vivacité ou la rapidité d'apprentissage sont tout aussi importantes, comme la durée pendant laquelle on parvient à se concentrer, par exemple.

➡ Voir panneaux de l'exposition « *Le temps d'une réaction* », « *Mesures de gestes* », « *Le temps d'un geste* »

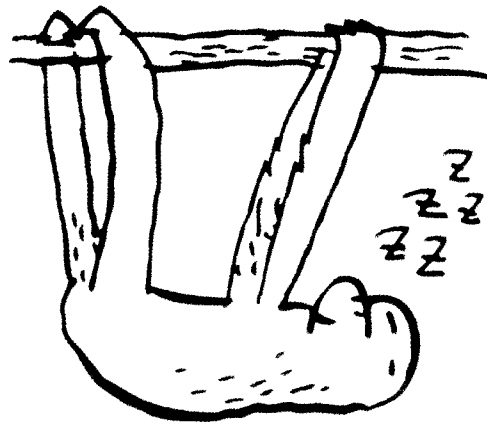


Le temps biologique

Nous sommes entourés de phénomènes rythmiques naturels tels que l'alternance du jour et de la nuit, ou le rythme annuel des saisons. Les plantes et les animaux suivent également des rythmes particuliers qu'on appelle rythmes biologiques. Pour cela, les êtres vivants possèdent leur propre horloge biologique, située dans le cerveau.

Chez la plupart des espèces animales, c'est l'horloge biologique qui déclenche les processus de reproduction, en adéquation avec la période la plus favorable pour la naissance de leur progéniture. C'est elle qui va également indiquer la période d'hibernation de certains mammifères, la période de mue du pelage, ou la période de migration des oiseaux. Chez les plantes, cette horloge va par exemple programmer le rythme de floraison.

Chez l'espèce humaine, la plupart des fonctions corporelles (sécrétion d'hormones*



par exemple) sont calées, grâce à l'horloge biologique, sur le rythme circadien (environ 24h). Cette horloge va notamment indiquer au corps l'heure du coucher, la durée de sommeil et l'heure du lever grâce à une série de mécanismes physiologiques en cascade très complexes. C'est aussi elle qui va rythmer les cycles menstruels de la femme.

Les notions de rythmes et d'horloge biologiques sont très importantes car elle permettent à tout être vivant de se repérer dans le temps et de s'adapter de manière efficace à son environnement afin de préserver la continuité de son espèce. L'étude de ces phénomènes se nomme la « chronobiologie ».

➡ Voir le panneau de l'exposition « quelle heure est-il dans votre ventre? »

AVANT LA VISITE

ACTIVITÉS EN CLASSE POUR INTRODUIRE L'EXPOSITION

Idéalement, on regroupera les élèves par petits groupes de 3 ou 4. Chaque groupe travaillera sur des consignes précises pendant un temps à définir par l'enseignant (à mesurer éventuellement avec des montres ou des chronomètres, sans ajouter néanmoins de stress inutile). Puis chaque groupe rendra compte au cours d'une mise en commun finale, selon des modalités à définir par l'enseignant (un porte-parole par groupe, ou autre).

Ressentir le temps qui passe

- Fermer les yeux en silence pendant une minute (à chronométrer par l'enseignant ou l'un des groupes). Dire son ressenti : c'était long, ou court, à quoi le comparer ? A quoi ça fait penser ?
- Envoyer l'un des groupes jusqu'au bout du couloir, ou du préau (par exemple) et deviner le moment où, après un aller et retour, il va rentrer dans la classe (rester en silence les yeux fermés, puis lever la main quand on pense qu'il revient)
- ... Et tout autre exercice d'évaluation du temps, sans instrument de mesure.

Estimer une durée, effectuer les premières mesures

- Par une journée ensoleillée, repérer par une marque à la craie l'ombre d'un objet (piquet, extrémité d'une barrière, etc.) une première fois juste avant le début de la classe, et une seconde fois juste après.
- Comparer l'espace entre les deux marques avec le temps écoulé sur les montres, c'est-à-dire l'heure de fin à laquelle est retranchée l'heure de début (attention au décompte en base 60 !)
- Eventuellement, prendre des photos pour y retravailler ultérieurement en classe.
- Pendant un événement d'une durée donnée (par ex. le temps d'écoulement d'un sablier pour faire cuire un œuf ou pour se brosser les dents ou autre), inventer une autre manière de mesurer le temps qui passe :
 - o compter ses pas selon un rythme répétitif de manière à pouvoir y associer un nombre de pas
 - o dans le même but, compter le nombre d'oscillations d'un poids (gomme, taille-crayon) oscillant au bout d'une ficelle de longueur constante (de quelques dizaines de cm)
 - o recompter en changeant la longueur de la ficelle
 - o mesurer avec un chronomètre

Echanges et conclusions.

Déterminer les repères sociaux ou familiaux qui ponctuent l'année

- Se procurer ou reproduire un calendrier. Celui-ci pourra se présenter sous forme classique avec des cases et des colonnes, mais aussi bien sous forme de roue (voir dans *Après la visite de l'exposition* la fabrication d'un calendrier perpétuel) ou sous forme d'une longue bande allant du premier au dernier mois de l'année, ou d'autres formes encore.
Cela peut déjà constituer une discussion en soi, à propos du temps à la fois linéaire et cyclique, découpé en jours, mois, saisons, années...
- Noter sur le calendrier :
 - o les fêtes religieuses: Noël (calendrier solaire: Noël tombe quelques jours après le solstice d'hiver), Pâques (calendrier lunaire: Pâques tombe le premier dimanche qui suit la pleine lune de l'équinoxe de printemps)
 - o les prochaines vacances d'été (en mois, semaines, jours)
 - o le jour des anniversaires des élèves de la classe
 - o (éventuellement) les signes du zodiaque* des élèves de la classe s'ils les connaissent, ce qui a l'avantage d'envisager ces signes astrologiques comme une manière alternative (avec les mois) de découper l'année.
 - o pour les plus jeunes, on peut utiliser des images ou des photos significatives des périodes de l'année (arbres en fleurs, temps de neige, etc.) et les relier aux saisons correspondantes.

Se situer dans le temps de la Terre

Chercher dans de la documentation (livres, Web) puis tenter de noter sur une grande ligne fléchée (convention ordinaire: le passé à gauche, la flèche du temps à droite)

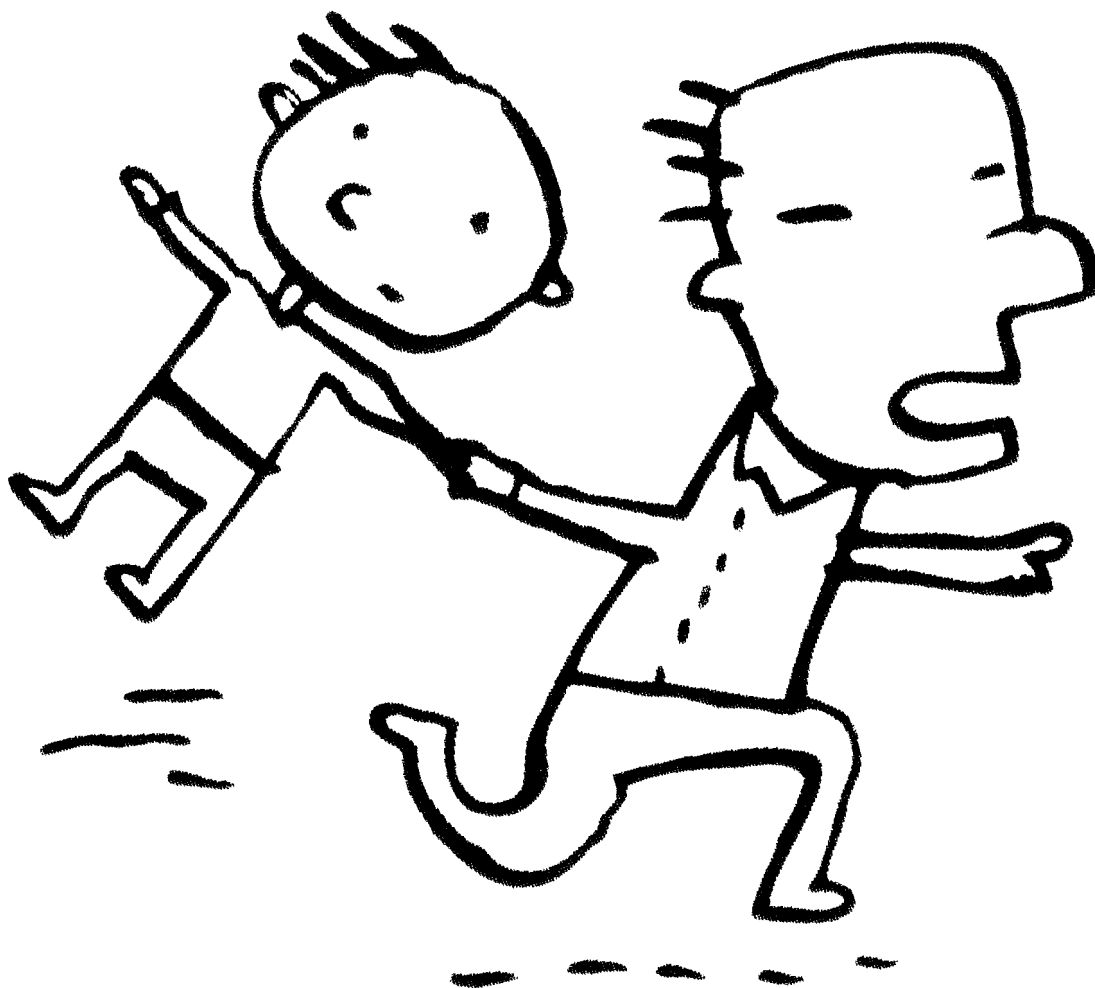
- o le siècle où s'est éteint l'oiseau nommé « dodo » (au 17^e siècle - découvert en 1598 dans les îles de l'océan Indien, et si intensivement chassé que l'espèce a disparu en seulement 60 ans)
- o l'âge estimé de l'australopithèque Lucy (environ 4 millions d'années)
- o l'époque estimée de l'extinction des dinosaures sur la Terre (il y a 65 millions d'années)
- o l'époque estimée de l'apparition des premiers organismes vivants (bactéries) sur la Terre (il y a environ 4 milliards d'années)

Dans ce cas, voir comment résoudre le problème de l'échelle (l'échelle logarithmique n'étant pas supposée connue des élèves!)

En cas d'échec (!), fabriquer à l'aide de ciseaux et de scotch un long ruban de papier et y reporter les durées du mieux possible.

PENDANT LA VISITE

- (lien) Les panneaux de l'exposition/manips
- (lien) Les cartels relatifs aux instruments du MHS



APRÈS LA VISITE

ACTIVITÉS EN CLASSE POUR ALLER PLUS LOIN

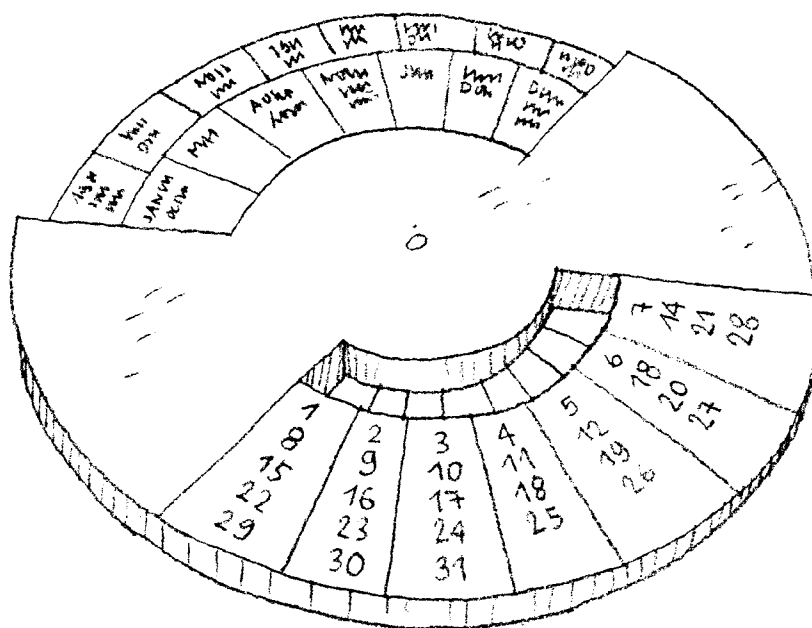
Dans ce qui suit, le principal objectif est de comprendre la finalité et le principe des astucieux « pièges à temps » qu'ont inventé les hommes au cours de leur histoire. Il s'agit donc surtout d'expérimenter pour « capturer » le temps qui passe, et de tenter de le mesurer.

La production d'un objet fini n'est pas le premier but recherché, mais il peut aussi faire partie d'un projet plus développé si on en a l'envie, et si on dispose de temps et de moyens. On se rendra compte alors de la difficulté à construire des instruments qui fonctionnent, et d'apprécier d'autant plus ceux qui auront été observés dans l'exposition.

Fabriquer un calendrier perpétuel

Le calendrier perpétuel met en évidence le côté cyclique du temps qui passe, il est valable d'une année à l'autre. Il est constitué de trois cercles de différentes grandeurs, chacun étant divisé respectivement en autant de tranches qu'il y a de mois, de jours dans la semaine, et de nombre de jours dans un mois.

Pour les plus grands, il pourra donner lieu à un exercice de géométrie (tracé de cercles, divisions en angles, etc.). Pour les plus jeunes, il pourra consister en l'assemblage et la décoration de cercles déjà divisés.



Matériel

Papier fort ou carton, papier blanc pour coller sur le carton s'il n'est pas blanc, colle si nécessaire, règle, ciseaux, compas et rapporteur (pour les plus grands), crayons ou feutres de couleur, agrafes parisiennes.

La fabrication du calendrier

A titre indicatif, les trois cercles peuvent avoir respectivement des diamètres de 12 cm pour les 7 jours de la semaine, 16 cm pour les 31 jours (au maximum) du mois, et 20 cm pour les 12 mois de l'année.

Une fois les cercles découpés et divisés en tranches de 7, de 31 et de 12, puis annotés et décorés, on les fixe ensemble par leur centre avec l'agrafe. On les fait tourner autour de leur centre commun jusqu'à aligner sur une même ligne les indications correspondant à la date du jour. Cette ligne peut être matérialisée par une mince bande de papier évidée en son centre, pliée en deux et accrochée à l'agrafe à l'avant et à l'arrière du calendrier. Une simple ficelle de couleur ou tout autre repère (flèche en carton fort agrafée au centre) peut être imaginé.

Des remarques

L'activité permet ici d'obtenir de façon assez simple un objet fini que l'élève peut s'approprier. Elle comprend aussi une dimension didactique et active la prise de conscience que le calendrier donne une représentation cyclique du temps.

Fabriquer une clepsydre ou horloge à eau

Une horloge à eau, c'est d'abord un récipient qui fuit ! Cependant, pour avoir une bonne clepsydre :

- On doit s'assurer que l'écoulement (la « fuite ») est fiable, c'est-à-dire qu'il se reproduit toujours durant le même temps quand on remplit à nouveau le récipient.
- On doit aussi s'arranger pour que le niveau de l'eau soit bien visible, car c'est lui qui donnera l'indication du temps qui s'écoule.
- Enfin, on doit étalonner l'instrument selon la précision qu'on recherche : un premier trait correspond au niveau de l'eau au départ, puis un autre à chaque minute écoulée (ou toutes les 30 secondes, etc.).

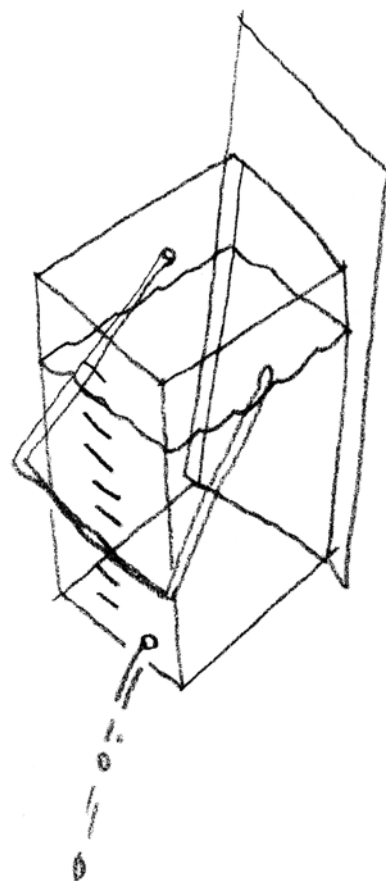
Cette activité se déroule particulièrement bien par petits groupes.

Le matériel

Un récipient de récupération transparent est recommandé : une bouteille de PET de 1 litre ou de 1,5 litre, ou un contenant transparent pour lessive. Il faut aussi un chronomètre, un bon marqueur, et une cuvette pour récupérer l'eau qui s'écoule. Une pointe métallique, ainsi que des allumettes ou un briquet resteront sous la surveillance du maître.

Le trou pour l'écoulement

Le trou de fuite peut être situé tout en bas de l'un des côtés du récipient si on veut le poser sur le bord d'une table par exemple ou de tout autre support. A ce stade, on peut noter qu'il faut déjà prévoir un seau ou une cuvette sur le sol, au pied du support, pour recueillir l'eau qui s'écoule ! On peut également faire le trou dans le bouchon d'une bouteille en PET et suspendre celle-ci la tête en bas, au-dessus de la cuvette. La dimension du trou est déterminant : plus il est petit, plus le temps d'écoulement sera long. On l'adaptera donc à ce qu'on veut mesurer, par tests successifs, en commençant par une ouverture modeste puis en l'agrandissant s'il le faut. La manière la plus efficace de faire un trou dans du PET ou du plastique est de faire fondre un petit espace en utilisant une pointe chauffée au feu provenant d'une allumette ou d'un briquet – en présence, indispensable bien sûr, de l'enseignant ! Les outils ordinaires peuvent facilement les endommager et engendrer des fissures.



L'étalonnage

Après les premiers tests servant à déterminer le temps correspondant à l'écoulement complet de l'eau, vient l'étalonnage. Le premier trait, directement tracé sur le récipient avec un stylo feutre (résistant si possible à l'eau), désigne le niveau de départ. Les suivants sont notés au fur et à mesure au-dessous, par comparaison avec le temps qui s'écoule sur une montre ou un chronomètre.

Des remarques...

- Les élèves sont souvent étonnés de découvrir que les marques tracées à intervalles de temps égaux ne sont pas équidistantes sur les récipients habituels dont la section est constante du haut en bas (goulot de bouteille exclus). Il arrive que certains évoquent alors ces clepsydras anciennes de forme évasée et aux marques régulières. Elles tiennent compte du fait que le débit de l'écoulement, dû à la pression de la hauteur d'eau, est plus fort au début qu'à la fin.
- On constate souvent qu'une durée de cinq minutes est déjà longue pour le groupe d'élèves restant à côté de sa clepsydre. Ces horloges à eau peuvent aussi mesurer la durée d'une leçon ou, comme chez les Anciens, le temps de parole des uns et des autres. On peut donc avoir un échantillon de clepsydras différentes selon ce qu'on veut mesurer.

Fabriquer une bougie cloutée ou horloge à feu

La préparation du matériel

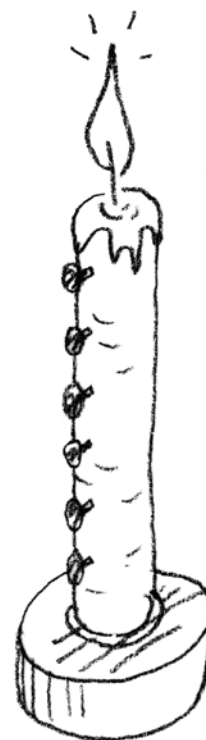
Il faut une bougie cylindrique assez longue et fine, un bougeoir, des petits clous (entre 5 et 10), une règle graduée ordinaire, et si possible une surface sonore (verre, tôle, etc.).

Le principe de l'instrument

Des petits clous sont enfoncés en ligne sur toute la hauteur de la bougie, à espaces très réguliers. La bougie est ensuite allumée (sous la surveillance de l'enseignant!) et placée sur une surface sonore. Au fur et à mesure de sa combustion, les clous tombent et le bruit de leur chute attire l'attention. On peut noter au chronomètre le moment où ils tombent et vérifier s'il s'écoule des temps égaux entre deux chutes.

Des remarques...

- L'équidistance des clous est délicate à réaliser: un petit millimètre d'écart peut correspondre à de très longues secondes, voire minutes! Leur distance doit donc être soigneusement mesurée. Leur orientation peut aussi jouer un rôle: ils doivent être plantés bien perpendiculairement à la bougie.
- Les élèves adorent jouer avec la cire chaude, voire avec le feu des bougies allumées! L'activité sera interrompue si les consignes ne sont pas respectées car on ne joue pas avec le feu, d'autant plus qu'ici la mesure est largement faussée si c'est le cas.
- Certaines bougies de l'Avent utilisent le même principe. Dans ce cas, il n'y a pas de clous mais 24 petits espaces numérotés du haut de la bougie (n° 1) jusqu'en bas (n° 24, dernier jour avant Noël). Cependant, il ne s'agit pas dans ce cas de mesurer des durées sur quelques heures, mais de se situer durant le mois de décembre jusqu'à Noël.



Fabriquer un sablier ou horloge à sable

A priori, rien de plus simple que la construction d'un sablier ! Pourtant, l'écoulement du sable est soumis à des lois subtiles, et on ne doit pas s'attendre à parvenir à un instrument fiable, ni surtout ressemblant à nos sabliers habituels, qui nécessitent une technique de construction très élaborée.

La préparation du matériel

Chaque groupe d'élèves doit pouvoir disposer de quelques bouteilles en plastique, d'un carton épais et de feuilles de papier ordinaire, de sable très sec et soigneusement tamisé et de scotch épais.



Les essais

- Pour les essais préliminaires, les bouteilles sont placées goulot contre goulot, et on constate rapidement que le sable qui s'écoule de l'une dans l'autre le fait trop rapidement. Il faut donc placer entre les goulots des 2 bouteilles un carton fort percé d'un trou qui peut se faire à la pointe de ciseau (sans se blesser !). On peut aussi faire un trou dans chacun des bouchons, ce qui est également assez délicat. L'ensemble doit être maintenu solidement avec quelques tours de scotch, ce qui n'est pas facile à réaliser sans fuite de sable ! Il faut donc prévoir de manipuler sur une surface qui ne craint pas les débordements intempestifs, ce qui permet par ailleurs de récupérer le sable.
- Les élèves s'aperçoivent ensuite que le sable ne s'écoule pas bien (le trou est trop petit), ou bien qu'il ne s'écoule pas jusqu'au bout : un petit « cône inversé » de sable se forme autour du trou.
- L'observation de ce qui précède peut encore être améliorée si on verse un peu de sable sur un grand carton plat troué, et qu'on observe le cône qui se forme autour du trou. (Le spectacle de l'écoulement du sable est assez fascinant !)
- L'idée de fabriquer un cornet à l'aide d'une simple feuille de papier roulée en pointe, en laissant juste un petit trou au bout, vient parfois spontanément aux élèves, d'autant que le goulot de la bouteille joue déjà ce rôle. Sinon, on peut les orienter en ce sens : le sable n'a alors qu'à se laisser conduire, et l'écoulement peut se faire jusqu'au dernier grain !

Des remarques

Généralement, on n'a pas fabriqué de sablier opérationnel, mais on a identifié les énormes difficultés qui surgissent quand on veut en construire un et qui proviennent entre autres de :

- la qualité du sable, qui rend son écoulement parfois difficile, d'où la nécessité d'avoir un embout conique.
- l'importance de la partie rétrécie du sablier, délicate et difficile à réaliser.

On comprendra d'autant mieux que construire un sablier fiable n'a été réussi que tardivement, d'abord en deux morceaux, puis en un seul.

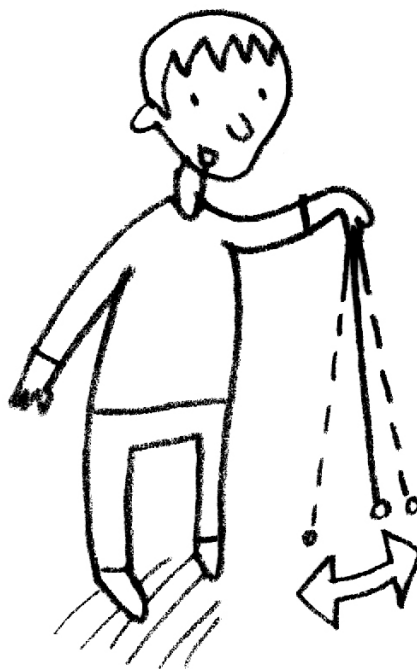
Fabriquer un pendule à battre la seconde

Le matériel

De la ficelle fine, des petits plombs de pêche, un mètre de couturière ou de menuisier ou à défaut une règle graduée, un chronomètre.

La manipulation, la mesure

- Prévoir de l'espace entre les élèves
- Le petit plomb de pêche (de taille indifférente, mais aussi petite que possible) est accroché au bout d'une ficelle dont la longueur varie de 60 à 120 cm environ. L'endroit où la main tient la ficelle doit être facilement repérable, et il doit toujours rester le même. Quant à l'accrochage du plomb, il doit pouvoir être refait autant de fois que nécessaire: le nœud doit donc être provisoire!
- Un élève fait osciller le plomb au bout de la ficelle pendant qu'un autre compte le temps que prend un battement, c'est-à-dire soit un aller, soit un retour.
- La longueur est ajustée jusqu'à ce que l'aller ou le retour dure exactement 1 seconde.
- Un élève mesure la longueur de la ficelle: elle doit mesurer 1 mètre.



Des remarques

- L'instrument est simple, mais n'est valable que pour des petites oscillations, ce qui est bienvenu car il faut éviter que les élèves n'utilisent leur pendule comme une fronde...
- Parmi les difficultés, on note que la ficelle s'emmêle souvent, et que la mesure de la longueur, qui doit être faite entre le point de prise de la ficelle et le centre de gravité du petit plomb, est délicate. La précision s'améliore si on fait un anneau de ficelle en haut pour y glisser le doigt: c'est alors le haut de l'anneau qui sert de départ de mesure.

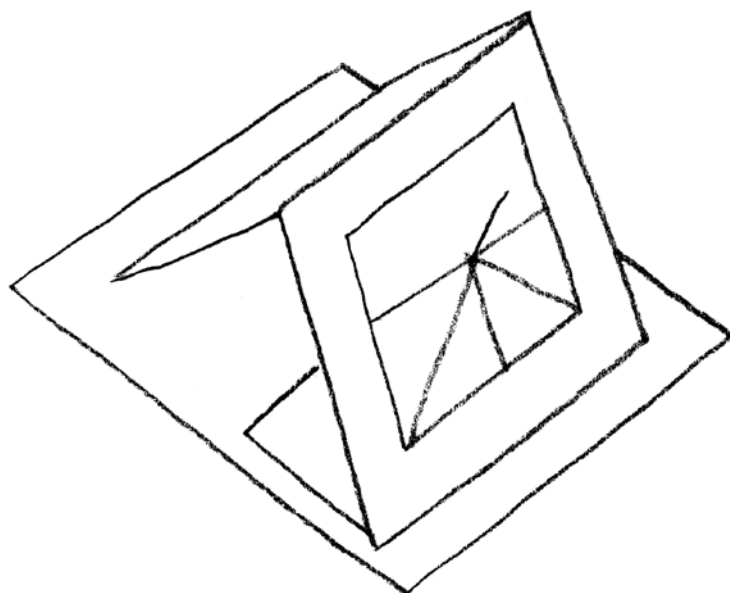
En savoir plus

La découverte d'une durée d'oscillation de 1 seconde pour une longueur de 1 mètre n'est pas fortuite: notre étalon de longueur, le mètre, a bien failli être défini ainsi au 18^e siècle.

Le « pendule » de ficelle rappelle celui des grandes horloges, dont l'oscillation régulière participe de manière importante à la précision.

Fabriquer un cadran solaire (pour les plus grands)

Il existe de nombreux types de cadrans solaires, et plusieurs fabrications possibles. On se limitera ici à celui dont le tracé par l'élève est le plus simple, avec des angles horaires égaux: le cadran incliné, ou cadran équatorial. Une fois gradué, il sera ensuite incliné à environ 45° par rapport au plan horizontal, ce qui correspond à l'utilisation à Genève et à Lausanne (à 1° près, de latitude 45°). Comme il devra être orienté dans la direction nord-sud, une boussole sera nécessaire.



Le matériel

Une feuille de carton fort de format A4, et papier, crayons, ciseaux, règle graduée, équerre, rapporteur, petite pique à brochette ou grande aiguille, colle. Une seule boussole pourra servir à plusieurs élèves au moment de l'installation

La fabrication du cadran

- Le cadran proprement dit est constitué d'un carré de papier d'environ 10 cm sur 10 cm. On y trace au crayon gris les diagonales et les lignes reliant les milieux des côtés, ce qui partage le cadran en 8 secteurs. Seule la moitié inférieure est graduée, on y note les chiffres suivants: 6, au milieu du côté gauche; 9, dans le coin gauche; 12, au milieu du côté inférieur; 15, dans le coin droit; 18, au milieu du côté droit. Cela correspond à des heures, et on remarque au passage qu'elles vont dans le sens inverse des aiguilles d'une montre! Pour avoir toutes les heures de 6 à 18 heures (même si toutes ne seront pas effectivement « lues » au soleil), il faut construire trois angles de 15° à l'intérieur des 2 secteurs de la partie inférieure du cadran, puis les graduer.
- Le support du cadran est constitué de deux moitiés du carton fort, coupées en deux dans le sens de la longueur. L'une des bandes est pliée en 3 de manière à former un double support incliné de 45° par rapport au plan horizontal. Puis elle est collée sur ses parties horizontales, à l'avant et à l'arrière, sur l'autre moitié de carton.
- Le cadran est collé au milieu de l'un des supports à 45° , au choix, l'autre ne servant qu'au maintien du dispositif (on ne détaillera pas ici le cas où il peut être évidé pour donner accès à la lecture de l'heure sur un cadran jumeau placé au dos de l'autre, et donnant certaines heures quand le cadran principal est dans l'ombre à certains moments de la journée).

- L'aiguille du cadran est constituée par une petite pique de bois (cure-dent, brochette) ou de métal, et son installation est une opération importante et assez délicate. Elle doit être piquée et maintenue bien fixe au centre du cadran à l'intersection de toutes les lignes horaires, et de manière à ce qu'elle soit exactement perpendiculaire au cadran (vérification à l'équerre ou à l'aide d'un coin de feuille).
- C'est finalement l'orientation du cadran qui lui permet de devenir opérationnel. On note donc « Sud » sous le 12, et « Nord » à l'opposé, tout en haut.
- Le cadran est alors prêt à être placé au soleil, et orienté de manière à ce que la boussole soit parallèle à la direction Nord-Sud du cadran : celui-ci devrait alors donner l'heure solaire locale. Il sera nécessaire d'y ajouter environ $\frac{1}{2}$ heure l'hiver, et 1h et $\frac{1}{2}$ l'été pour retrouver, à quelques dizaines de minutes près, l'heure de nos montres !

Des remarques

- Même si le « bricolage » en lui-même n'est pas très difficile, la déception pour les élèves vient souvent de l'imprécision due aux réglages des angles (support, aiguille...). Cela nous permet aussi d'apprécier l'habileté des constructeurs, et le confort de nos montres actuelles.
- Une autre difficulté provient du fait que le cadran donne l'heure solaire locale, qu'il est impératif de « corriger », ce qui peut rester très énigmatique pour les plus jeunes et même les plus grands, et n'a pas de rapport avec la justesse du cadran.
- L'enseignant peut photocopier un cadran déjà gradué du type de celui qui est décrit plus haut, ou tout autre cadran (du type cadran horizontal, ou cadran du berger, etc.) qui lui permettra d'entrer également dans les multiples thèmes liés à l'heure solaire.

GLOSSAIRE

Balancier spiral

Petit volant oscillant qui a remplacé le pendule*, très encombrant dans les horloges. L'énergie est fournie par un ressort spiral (alors que le pendule oscille sous l'action de la gravité).

Il a été inventé en 1675 par Huyghens (1629-1695), et a permis de réduire à 5 minutes par 24 heures l'avance ou le retard des montres.

Big Bang

Théorie actuellement acceptée par la communauté scientifique, qui permet d'expliquer le « début » de notre univers, il y a environ 15 milliards d'années. « Big Bang » (grand boum) vient du surnom qu'en aurait donné un scientifique opposé à cette théorie. Il évoque une explosion, ce qui est imagé mais pas vraiment juste : c'est très difficile de se représenter ce qui est énoncé sous forme mathématique !

CERN

L'un des plus grands laboratoires de physique au monde, situé sur la frontière franco-suisse au nord de Genève. Des expériences tentent en particulier de vérifier la théorie du Big Bang* dans des galeries souterraines. Les particules très petites qui composent la matière y sont accélérées jusqu'à atteindre des vitesses très proches de celle de la lumière (300'000 km/s) avant d'entrer en collision et de faire apparaître des nouvelles particules.

Césium

Élément chimique dont les atomes se prêtent bien à la fabrication d'horloges atomiques : quand on leur fournit une certaine énergie, ils la restituent sous formes de vibrations très régulières.

Foliot

Petit balancier des premières horloges, oscillant dans un plan horizontal. Des petits poids mobiles permettaient de régler ses oscillations, mais les horloges à foliot pouvaient avoir jusqu'à une heure d'avance ou de retard par jour !

Heure légale (ou temps légal)

Heure en vigueur à l'échelle mondiale : les 24 fuseaux horaires se déploient autour du méridien de référence de Greenwich*. Elle a succédé à l'heure nationale qu'il a fallu instaurer au 19^e siècle à la suite de l'apparition des chemins de fer (en Suisse, c'était l'heure de Berne qui avait été adoptée en 1848).

Heure solaire locale (ou temps solaire local)

Heure donnée par un cadran solaire construit autour du méridien local.

Comme Lausanne et Genève ne sont pas sur le même méridien, il y a 1 minute et 51 secondes d'écart entre les midis solaires*. Autrement dit : le Soleil est au midi à Lausanne 1mn, 51s avant Genève.

Hormones

Substances secrétées par l'organisme, et porteuses de « messages » envoyés d'un point à un autre du corps pour assurer son bon fonctionnement (et beaucoup plus lentement que ceux qui passent par le système nerveux !)

Latitude

Elle indique la position au nord ou au sud de l'équateur : elle est de 0° à l'équateur et de 90° aux pôles (90° Nord et 90° Sud). La mesure de la hauteur du soleil au midi solaire* donne la latitude en un lieu.

Longitude

Elle indique la position à l'est (de 0° à 180° est) et à l'ouest (de 0° à 180° ouest) d'un méridien de référence de Greenwich* en Angleterre. On peut la calculer en comparant le midi de l'heure locale* avec l'heure qu'il est au méridien origine : 1 heure correspond à 15°. Cependant, la connaissance de ce décalage horaire nécessite un excellent garde-temps.

Connaissant la latitude*, elle permet de déterminer parfaitement la position d'un lieu en mer ; sur la terre ferme, il faut y adjoindre l'altitude.

Méridien

Ligne imaginaire sur la Terre, joignant les deux pôles. En tout lieu d'observation, il indique la direction géographique nord-sud (qui diffère légèrement, le plus souvent, de la direction nord-sud donnée par l'aiguille d'une boussole).

Méridien de référence de Greenwich

Le choix du méridien* de référence nécessitant une convention entre nations a été, après quelques changements historiques, fixé à Greenwich, lieu de l'ancien Observatoire situé près de Londres. Ainsi, à Genève, il faudra toujours ajouter au temps solaire le décalage dû au méridien de Greenwich, soit 35 minutes correspondant aux 6°9 de latitude* est (et ajouter encore une heure l'été), pour retrouver l'heure de nos montres.

Midi solaire

Moment de la journée où le soleil atteint son point culminant dans le ciel, et où les ombres sont les plus courtes. Tous les jours de l'année au même endroit, celles-ci se projettent alors selon la même direction : le méridien* du lieu.

Pendule

Grand balancier, oscillant dans un plan vertical, qui a permis de régulariser le mouvement des horloges et d'améliorer leur précision. Galilée (1564-1642) en avait fait les plans, mais c'est Huygens (1629-1695) qui l'a pour la première fois réalisé.

Seconde

C'est l'unité de mesure du temps dans le Système International (SI).

Etymologiquement, la seconde est une *minute de second rang* (du latin médiéval *minutum secunda*).

Jusqu'en 1960, c'est la rotation de la Terre sur son axe qui définit la seconde, c'est la $1/86'400^e$ partie du jour solaire moyen. Or il s'avère que celui-ci n'est pas fiable : il durait 20 heures au temps des dinosaures et vaudra 28 heures dans quelques milliards d'années !

- De 1960 à 1967, c'est la durée de rotation de la Terre autour du Soleil qui définit la seconde, c'est la $1/31'556'925,9747^e$ partie de l'année 1900.
- Depuis 1967, la référence n'est plus astronomique, mais atomique : la seconde est la durée de $9'192'631'770$ périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium* 133.

Ce phénomène étant extrêmement régulier, cette nouvelle seconde est trop précise, et il faut périodiquement compenser les fluctuations de la rotation de la Terre pour que l'heure exacte corresponde à l'heure solaire.

Une nouvelle définition de la seconde pourrait être faite, d'autres vibrations d'atomes ou divers phénomènes extrêmement réguliers se révélant meilleurs candidats encore.

Solstice

Dans l'hémisphère Nord, ce sont les deux dates où le jour est respectivement le plus court (vers le 21 décembre) et le plus long (vers le 21 juin).

C'est exactement l'inverse qui se passe, aux mêmes dates, dans l'hémisphère Sud.

Temps solaire moyen

Il tient compte des légères irrégularités du mouvement apparent du Soleil autour de la Terre, et corrige le temps solaire local, ou heure solaire locale* (d'un maximum de plus ou moins $\frac{1}{4}$ d'heure au maximum selon le jour de l'année).

Zénith

Point situé à la verticale de la tête de l'observateur, à 90° par rapport à l'horizon. Le soleil ne peut se situer au zénith, au midi solaire*, que dans les zones tropicales (deux fois par an).

Zodiaque

C'est la zone du ciel où, depuis la Terre, on voit passer le Soleil, les planètes et les étoiles regroupées en constellations dites « du zodiaque » : bélier, taureau, gémeaux, etc. Elles défilent à tour de rôle, chacune pendant un mois, tout au long de l'année et constituent une autre manière de découper l'année, indépendamment de toute croyance astrologique.

BIBLIOGRAPHIE

- Pour les adultes
 - o *L'invention du temps*, J. Matricon. J. Roumette, Paris 1991, Presses Pocket, collection Explora, La Cité
 - o *Les saisons et les mouvements de la Terre*, P. Causeret, L. Sarrazin, Paris 2004, Belin-Pour la science
 - o *Les Découvreurs*, D. Boorstin, Paris 2000, Robert Laffont, collection Bouquins : Livre I, le temps, p. 9 à 79
 - o *Révolution(s)*, S. Fischer, Genève 2006, Musée d'histoire des sciences, Ville de Genève, Département des Affaires Culturelles
 - o *Cadrans solaires*, S. Fischer, Genève 2007, Musée d'histoire des sciences, Ville de Genève, Département de la Culture
 - o *Longitude*, Dava Sobel, Paris 1998, Seuil, collection Points Science
- Pour les enfants
 - o *Il était une fois le temps*, P. Lo de Freitas, R. Béguin, Genève 1997, Département des affaires culturelles, Musée de l'horlogerie et de l'émaillerie, Accueil des publics
 - o *Les horloges marines de M. Berthoud*, C. Cardinal, M.-M. Collin, Paris 1994, Nathan, Musée national des techniques, collection Monde en poche junior, à partir de 9 ans
 - o *Temps*, M. Côté, J. Mauerhan (dir.), 2001, coédition Muséum d'histoire naturelle de Lyon, Musée du Temps de Besançon, Ed. du Moutard, collection Carrément
 - o *Le temps et l'espace*, J. et M. Gribbin, Paris 1995, Gallimard, collection Passion des sciences
 - o *Le monde du temps*, P. de la Cotardière, 1997, Circonflexe, collection Aux couleurs du monde
 - o *L'astronomie*, K. Lippincott, Paris 2004, Gallimard, collection Les yeux de la découverte n° 89

Coordination : Stéphane Fischer
Dossier : Anne Fauche
Illustrations : Studio KO, Yverdon
Relecture et mise en page : Corinne Charvet
Impression : Bernard Cerroti, imprimerie du Muséum d'histoire naturelle, Ville de Genève
Affiche de couverture : Studio KO, Yverdon

mai 2008

Le présent dossier pédagogique est téléchargeable sur
www.espace-des-inventions.ch et www.ville-ge.ch/mhs