

Genève

à la force de l'eau

une histoire de l'exploitation hydraulique

du **13 mai 2009** au **10 janvier 2011**



musée d'histoire des sciences

Parc de la Perle du Lac 128 rue de Lausanne 1202 Genève www.ville-ge.ch/mhs

Ce dossier pédagogique est destiné en particulier aux élèves de l'enseignement primaire. Son adaptation est possible pour des enfants plus jeunes et son utilisation est préconisée sans réserve pour les plus âgés.

Coordination : Stéphane Fischer, Musée d'histoire des sciences
Dossier : Maha Zein, Musée d'histoire des sciences
Relecture et mise en page : Corinne Charvet, Muséum d'histoire naturelle
Impression : Bernard Cerroti, imprimerie du Muséum d'histoire naturelle
Visuel de la couverture : Nicole Conus

© Musée d'histoire des sciences, Genève, mai 2009

TABLE DES MATIERES

INFOS PRATIQUES POUR LES ECOLES	2
LE MUSEE D'HISTOIRE DES SCIENCES EN QUELQUES MOTS	4
INTRODUCTION	5
AVANT LA VISITE	6
Histoire générale	6
Et l'histoire à Genève	8
Les engrenages	17
Les moulins à eau	19
Activités en classe pour introduire l'exposition	26
APRÈS LA VISITE	30
Bricolages en classe	30
Pour aller plus loin.....	32
GLOSSAIRE	36
BIBLIOGRAPHIE, SITES WEB	38
Annexes	39

IINFOS 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 «Genève à la force de l'eau» est présentée du 13 mai 2009 au 12 avril 2010.
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 «Genève à la force de l'eau» est recommandée pour les enfants de l'enseignement primaire (environ 7 ans). Il n'y a pas de limite supérieure.

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 bisannuel 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.



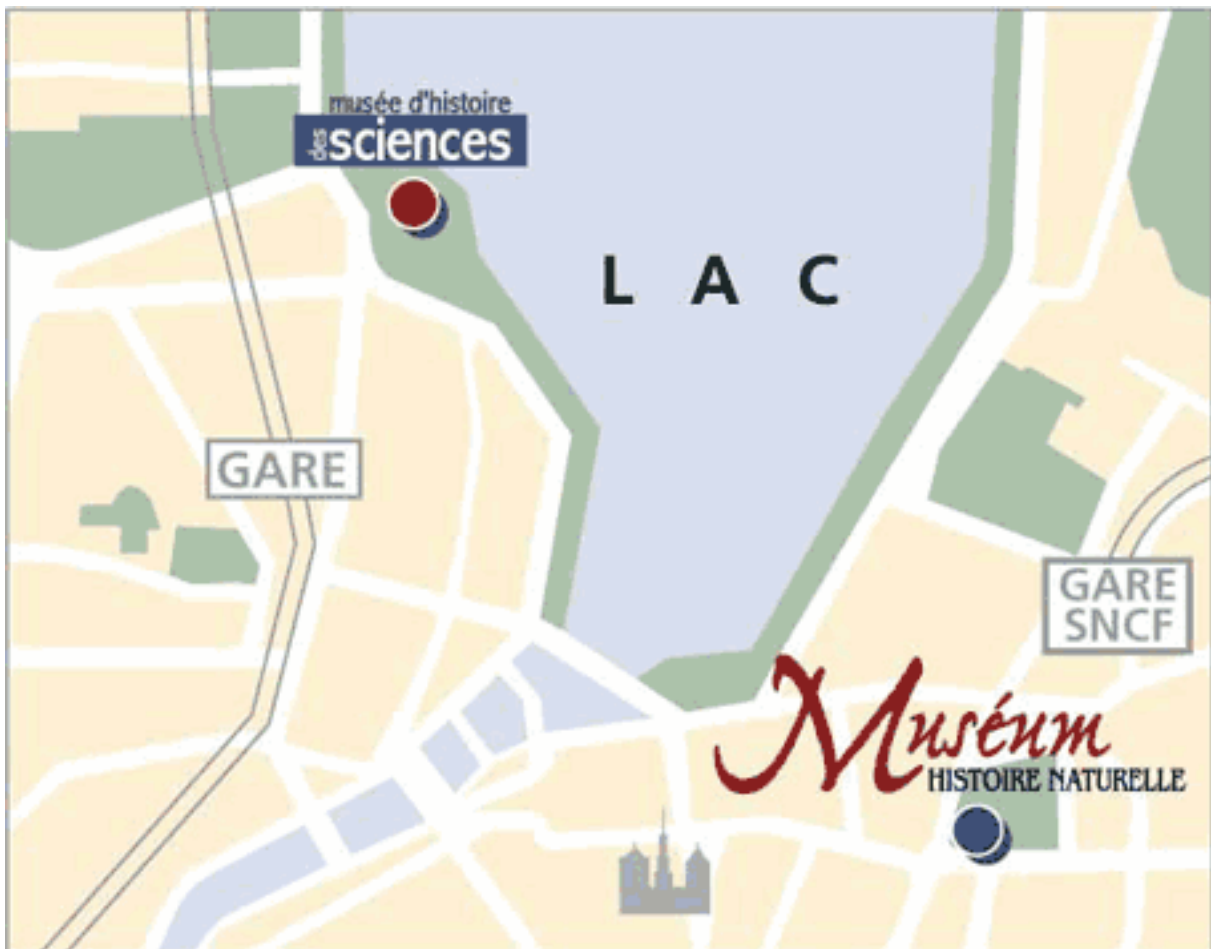
Accès

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.



INTRODUCTION

« Genève à la force de l'eau » est une exposition conçue en collaboration avec l'Office du patrimoine et des sites du canton de Genève (DCTI) qui dédie à ce thème « Au fil de l'eau » les journées du patrimoine des 12 et 13 septembre 2009.

Alimentés par le Rhône, mais également par l'Arve et de nombreux cours d'eau secondaires de la cuvette genevoise, les moulins ont rythmé pendant plus d'un millénaire la vie quotidienne du bout du lac.

Sur les 180 installations recensées, la très grande majorité d'entre elles transformaient les céréales en farine au moyen de meules en pierre. Les autres étaient utilisées pour scier le bois, battre le fer, fouler les draps, piler les chiffons, broyer les fibres végétales.

Certains sites – à la hauteur de l'Ile, de Versoix, de Gex ou de Carouge, notamment – constituaient d'ailleurs d'authentiques pôles industriels.

A partir des années 1870, victimes de l'évolution des moyens de production, les moulins déclinent. Les roues à eau sont remplacées par des turbines, dont le rendement est plus élevé, tandis que l'énergie mécanique rotative, non transportable, cède la place à l'eau sous pression puis à l'électricité, produites par de grandes centrales.

En ville de Genève, les derniers moulins disparaissent en 1886. A la campagne, à la veille de la Première Guerre mondiale, sur la trentaine d'établissements encore en activité, plus de 25 troquent leur roue pour une turbine, la plupart du temps couplée à un générateur électrique.

Quant au dernier établissement activé par le Rhône – le Moulin de Challex –, il est désaffecté en 1924 lors de la mise en service de la centrale hydroélectrique de Chancy-Pougny.

Loin de porter un regard nostalgique vers le passé, cette exposition revêt une signification toute actuelle avec la récente crise du pétrole qui a ébranlé notre société. La triple prise de conscience qui s'opère – la fin de l'ère de l'énergie à volonté, l'obligation de développer des énergies renouvelables et la nécessité de diversifier les sources de production – éclaire d'un jour nouveau les pratiques anciennes, qui reposaient de fait sur l'économie des moyens, le respect de l'environnement et le pragmatisme technologique.

L'exposition se tient dans quatre salles du musée où les thèmes suivants sont développés :

- I. Les moulins et les engrenages, généralités
- II. Les moulins du bassin genevois
- III. L'exploitation de la force motrice du Rhône
- IV. Les enjeux de l'exploitation de la force hydraulique en 2009

AVANT LA VISITE

HISTOIRE GÉNÉRALE

A partir du Néolithique (dès env. 8000 av. J.-C.), les groupes humains adoptent une économie de production basée sur l'agriculture et l'élevage, ce qui implique une sédentarisation accrue.

Au Moyen-Orient, on commence à cultiver les céréales et à les consommer sous forme de bouillie et plus tard de pain. Il faut alors écraser les grains pour en tirer de la farine.

Le premier procédé de mouture consistait à piler le grain dans un mortier, comme le font encore de nos jours de nombreuses femmes africaines. Le pilon et le mortier ont été utilisés dans le bassin méditerranéen jusque dans la Rome antique.

Ce procédé de mouture à la verticale a coexisté avec un autre procédé, à l'horizontale celui-ci. Des statuettes de l'Égypte ancienne montrent des femmes agenouillées écrasant le grain à l'aide de pierres rondes sur des tables de pierre. La pierre animée d'un mouvement de va-et-vient et la pierre immobile constituent le premier « couple de meules ».

Succède ensuite le mouvement circulaire : la pierre mobile a alors une forme ronde et est montée sur un pivot.

Deux siècles avant J.-C., des petits moulins très simples existent déjà au Moyen-Orient, en Grèce, mais aussi en Chine et dans le nord de l'Europe. Ils sont équipés d'un couple de meules, planes ou légèrement concaves/convexes, monté sur un axe vertical muni à sa base de pales plates sur lesquelles agit le courant.

Ces premiers moulins de dimensions imposantes sont actionnés par des animaux, moulins à manège, ou par des esclaves : moulins à bras dits « moulins à sang ». Ils sont développés par les Romains et sont visibles dans de nombreuses villes d'Italie et colonies romaines d'Afrique.



*Meules néolithiques du Monte Lazzo (Corse)
Revue du CRDP, 3^e trim. 73
Modes de vie en Corse
D'après photo M.C. Weiss
Tiré de « Les Moulins ; Jean Orsatelli »*



*Jeunes Égyptiennes broyant du blé
Musée Borély, Marseille
(B.d.R. France)
Tiré de « Les Moulins ; Jean Orsatelli »*

Les Romains n'ont montré que peu d'intérêt à la mécanisation des moulins, bien qu'ils aient réussi à en fabriquer des très performants pour l'époque. En effet, l'esclavage fournit une main-d'œuvre bon marché et les cours d'eau à débit constant sont rares dans leurs régions.

L'esclavage continue après la chute de Rome (en 476 apr. J.-C.) mais décline graduellement ; en revanche, l'énergie hydraulique prend une extension importante.

Au Moyen Age, l'utilisation de l'eau comme source d'énergie se généralise et les moulins à eau prolifèrent. En effet, les premières villes apparaissent avec une demande en énergie croissante, de nouvelles céréales nécessitant des meules sont cultivées, des scieries deviennent nécessaires pour l'exploitation du bois et la métallurgie prend son essor.

Du 11^e au 13^e siècles, l'Europe occidentale connaît une période d'intense activité technologique. On aurait pu l'appeler « la première révolution industrielle ».

Les seigneurs construisent les moulins qu'ils estiment utiles sur leur domaine et pas plus car ce sont eux qui assurent la totalité des frais de construction et d'entretien. Ils sont les maîtres absolus de leurs terres, et donc aussi de la transformation du grain en farine dans leur moulin. Les habitants de cette seigneurie sont obligés d'utiliser les moulins « banals », mis à disposition et entretenus par leur seigneur, moyennant une redevance. Ce sont en fait des monopoles technologiques.

La suppression des droits féodaux en 1789 grâce à la Révolution française met fin aux privilèges et fait disparaître la « banalité* » du moulin. Les moulins deviennent dès ce moment des propriétés privées gérées par une ou plusieurs familles ou des communautés dont les représentants, les syndicats, administrent l'entretien et l'activité.

Le 19^e siècle verra un développement exceptionnel des moulins jusqu'à ce que la mouture artisanale soit remplacée par la mouture industrielle des minoteries.

Les minoteries, largement automatisées, sont des usines plus souples, à meilleur rendement de farine grâce aux cylindres qui écrasent de grandes quantités de grain à la fois et aux nouvelles énergies.

La clientèle rurale, en forte réduction, ne fabrique plus le pain à domicile et s'habitue à l'acheter. Minotiers et boulangers court-circuitent alors la meunerie traditionnelle qui disparaît tout au long de la première moitié du 20^e siècle.

Les autres moulins, ne servant pas à moudre le blé, restent très utilisés jusqu'à la fin du 19^e siècle mais les roues à eau sont souvent remplacées par des turbines plus puissantes.

* voir glossaire

ET L'HISTOIRE À GENÈVE...

Genève ne reste pas en marge du fort développement technologique du Moyen Age, bien au contraire. Le passage du Rhône et de l'Arve en fait une cité idéale pour l'exploitation de la force hydraulique.

L'étymologie du mot Genève indiquant « se situer près d'une nappe d'eau », le destin de la ville est lié à l'eau depuis des millénaires.

L'existence de moulins à Genève est attestée dès le 6^e siècle par Marius d'Avenches qui raconte l'éboulement, en 563, du Mont Tauredunum (Mont Taurus), près de St-Maurice, provoquant une vague qui submergea les rives du Léman et détruisit les moulins genevois.

Ce n'est qu'à partir du 15^e siècle que les sources sur les moulins deviennent plus nombreuses.

Au 16^e siècle, les moulins se multiplient à Genève pour deux raisons :

- le duc de Savoie reprend possession des territoires entourant Genève, ce qui contraint la ville à se suffire à elle-même
- l'arrivée massive des réfugiés huguenots qui, par ailleurs, apportent avec eux de nouveaux métiers (textiles, draps, horlogerie, etc.).

Les moulins feront partie du paysage genevois jusqu'au 19^e siècle. A ce moment-là, les performances des roues à eau atteignent des limites et sont remplacées par les turbines.

Les premières turbines immergées sont couplées par le biais de rouages ou de courroies à des scies, des meules, etc.

C'est en France, pays moins bien pourvu en mines de charbon que l'Angleterre, mais riche en cours d'eau, qu'apparaissent les premières turbines.

A Genève, il faut attendre 1880, avec la construction du Bâtiments des Forces Motrices, pour voir le passage définitif aux turbines.

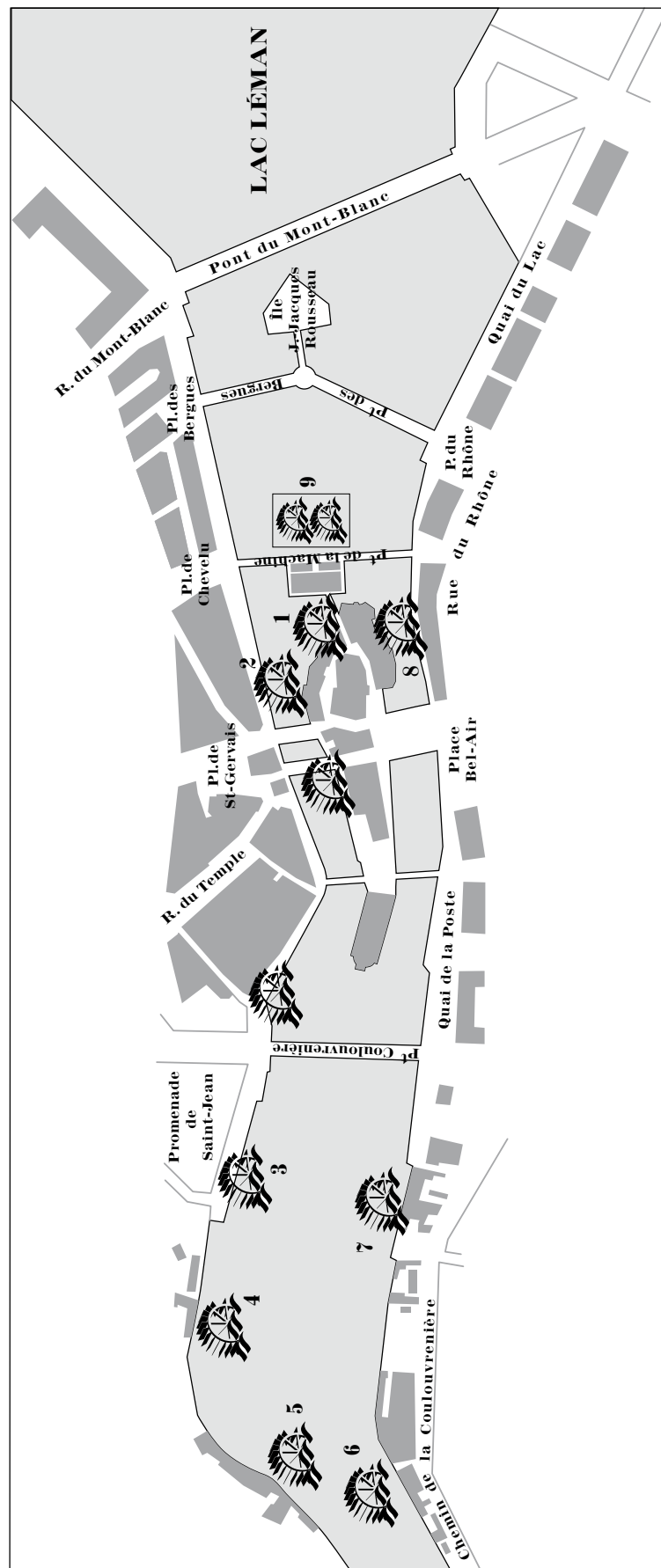
La légende ci-dessous montre les différentes fonctions des moulins au cours du temps. Les numéros indiquent l'emplacement sur le premier plan ci-après :

1. 1786 : fabrique de chocolat et moulin à lavure
Quelques années plus tard : fabrique d'indienne (textiles)
2. Jusqu'à 1763 : 5 rouages pour la mouture des grains
A partir de 1763 : mouture des grains
Fabrique de chocolat mentionnée en 1832
3. 1690 : mouture du blé
1705 : 3 moulins à blé, une « meule à chanvre et huile avec le pressoir et pour piler » afin de « battre l'orge et le chanvre et autres graines » pour l'Hôpital
4. 17^e siècle : 2 moulins à blé, une foule* à futaines (tissus en coton)
5. 1644 : un martinet* à cuivre
1689 : quatre moulins, un martinet, une foule
18^e siècle : plus de mention du martinet, une grande et une petite foule
6. 1562 : un fouloir avec une scie
1690 : une foule, une meule à battre le chanvre avec le pressoir à huile (où il y avait avant la scie)
1780 : au total : 5 moulins à blé, des battoirs à gypse, une meule pour aiguiser des outils en fer, une meule probablement pour l'huile ou le chanvre, un martinet pour travailler le fer, industrie textile
1788 : fabrique de chocolat
7. 1733 : une scie, un battoir à dépouiller l'épeautre et un battoir à poudre
1757 : 2^e moulin à blé
1769 : un des deux moulins à blé est converti en moulin à tabac
1772 : 3^e moulin à blé
8. Ancienne machine hydraulique (machine Abeille)
9. Machine hydraulique à deux roues (machine Cordier)

ÉTAT DU RHÔNE À GENÈVE

avant l'exécution des travaux

1882

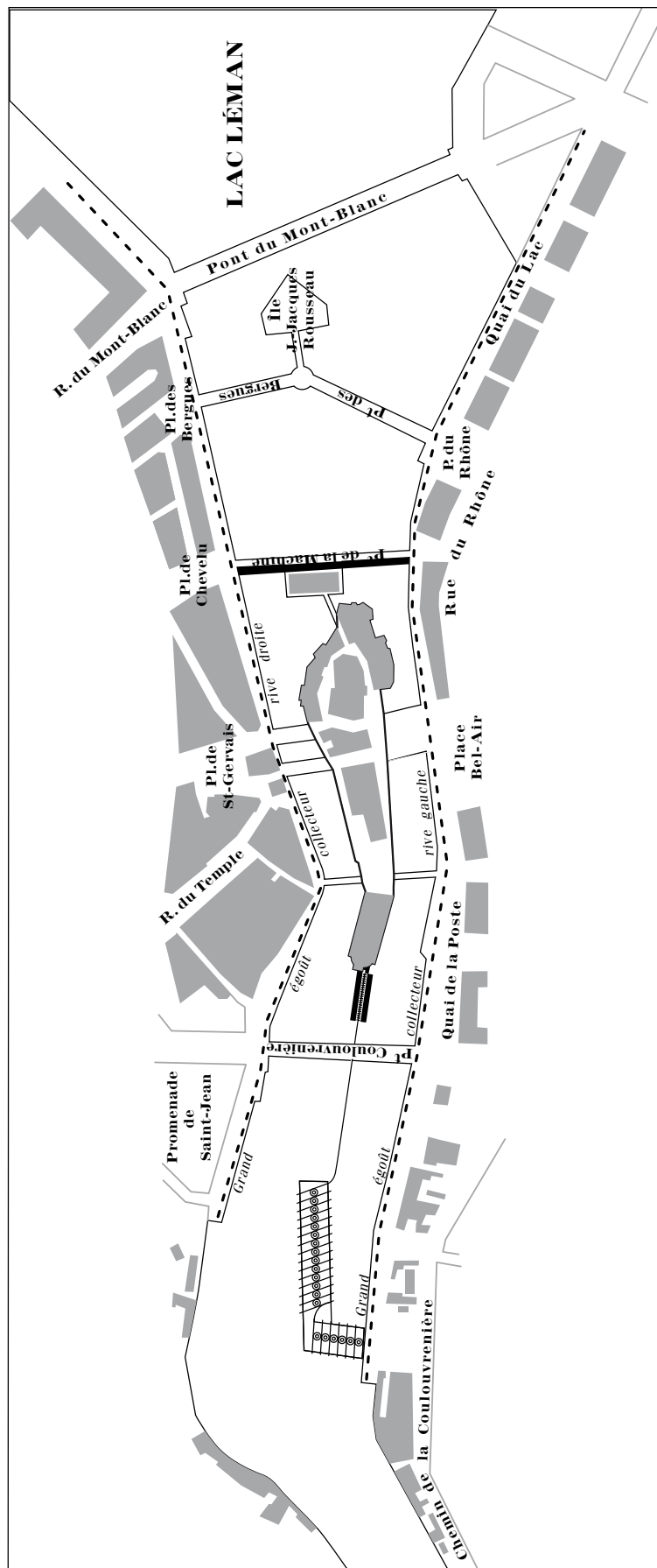


UTILISATION DES FORCES MOTRICES
DU RHÔNE
et régularisation du lac Léman

ÉTAT DU RHÔNE À GENÈVE

après l'exécution des travaux

1886



UTILISATION DES FORCES MOTRICES
DU RHÔNE
et régularisation du lac Léman

Les machines hydrauliques

Dès la fin du 16^e siècle, on tente d'installer à Genève des systèmes pour faire remonter l'eau du Rhône dans toute la ville et alimenter ses habitants en eau potable.

Après plusieurs tentatives infructueuses, c'est finalement en 1708 que Joseph Abeille, un ingénieur architecte breton, construit la première machine hydraulique fonctionnelle à la pointe de l'île, non loin de l'unique pont de traversée du Rhône de l'époque. La « machine Abeille » fonctionnera plus d'un siècle, jusqu'à son remplacement par la « machine Cordier ».

Cette nouvelle machine est construite entre 1841 et 1843 par un autre ingénieur français, Jean-Marie Cordier. Elle est installée dans le lit du Rhône, dans le bâtiment d'origine de l'actuel pont de la Machine.

Elle est composée de deux roues à aubes* de 6 mètres de diamètre et 5 mètres de large, avec une puissance de près de 18,4 kW par groupe, soit près de cinq fois plus que la roue Abeille.

Cette réalisation favorise le développement du réseau d'alimentation en eau potable.

Plus tard, l'ajout d'un groupe permet la distribution d'eau à haute pression pour alimenter les moteurs hydrauliques. La machine Cordier était située dans le bâtiment central du pont qui existe encore de nos jours, le pont de la Machine.

Aux alentours de 1880, avec le développement des fontaines publiques et privées et l'introduction de l'eau dans les maisons, les capacités de pompage se révèlent insuffisantes.



*La machine hydraulique et ses deux annexes construites en 1864 et 1872.
Collection BGE, Centre d'iconographie genevoise*

Le Bâtiment des Forces Motrices

Avant la construction du Bâtiments des Forces Motrices (BFM) et avant l'apparition de la fée électricité, Genève hésite entre plusieurs solutions énergétiques :

- 1) Le charbon : son acheminement coûte cher et le risque de pénurie est important à cause des premières grèves dans les mines de la Ruhr en Allemagne.
- 2) La télé mécanique : des turbines entraînent des câbles sur de longues distances qui sont reliées à des machines.
- 3) L'air comprimé : Jean-Daniel Colladon, ingénieur genevois, fait des essais de perforatrices à air comprimé dans les chantiers de percement des tunnels du Mont-Cenis (1857-1871) et du Gothard (1872-1882).
- 4) L'eau sous pression : c'est la solution qui a été retenue et qui a amené la construction du BFM.

Le BFM a été construit au milieu du lit du Rhône entre 1883 et 1892 par l'ingénieur et politicien genevois Théodore Turrettini. Celui-ci développe son projet de construction d'une usine qui aura pour fonction d'alimenter les fontaines, maisons et usines de la ville en leur fournissant, par un système de basse et haute pression, les eaux du Rhône.

Les travaux débutent en novembre 1883, période durant laquelle les eaux sont basses. Le bras du Rhône est asséché en deux étapes pour permettre la construction du bâtiment, du système hydraulique permettant la distribution de l'eau dans les quartiers et du barrage à rideau du pont de la Machine.

Cinq premiers groupes de turbines sont mis en action en mai 1886, pour l'inauguration. Deux fournissent de l'eau en ville et les trois autres en dehors (sur une distance de dix kilomètres).

En 1892, la grande aile du bâtiment est terminée. Dix-huit groupes de pompes et de turbines sont désormais en fonction.



*Le Bâtiment des Forces Motrices peu après sa mise en service.
Collection BGE, Centre d'iconographie genevoise*

Pour éviter les surpressions dangereuses, une vanne de décharge est installée près de la grande aile, dans le Rhône. Elle rejette l'eau à 30 m de haut, en créant le premier jet d'eau de Genève (qui sera déplacé en 1891 à son emplacement actuel pour devenir une attraction touristique).

Le bâtiment est abandonné dans les années 1960 lorsque les industries sont déplacées à la périphérie de la ville.

Le Barrage de Chèvres

A la fin du 19^e siècle, le BFM ne suffit plus au développement industriel de Genève et une nouvelle centrale hydro-électrique est construite : l'usine de Chèvres. A cette époque, elle est l'une des plus importantes installations au fil de l'eau dans le monde et sa puissance est énorme.

Sa production permet l'éclairage public, l'alimentation du réseau de tramways et l'alimentation de plusieurs industries et de domiciles privés.

Ce barrage, révolutionnaire pour l'époque, a pu être réalisé grâce à l'expertise de Théodore Turrettini; celui-ci occupe en 1891 une place à l'International Niagara Commission qui réunit les meilleurs spécialistes en vue d'installer une centrale de plusieurs milliers de cheval-vapeur en amont des chutes Niagara.

Cette expérience lui permet de construire, entre 1893 et 1896, la centrale hydro-électrique de Chèvres (18 000 CV= 14 000 kW) qui fournit pour la première fois de l'électricité à distance. L'électricité est transportée par des câbles souterrains.

Pour vous faire une idée :

- o La puissance de la roue hydraulique en bois utilisée dans les moulins peut atteindre 10 chevaux soit environ 7500 W.
- o Les turbines hydrauliques du 19^e siècle permettent d'avoir des puissances jusqu'à 44 000 W, soit cinq fois supérieures à celles des moulins.
- o Les turbines actuelles du barrage de Verbois dans le Canton de Genève ont une puissance de 100 millions de watts, soit 13 000 fois supérieure à celle des moulins !

Résumé chronologique des moulins et des turbines de la région genevoise

- 563 après J.-C. Les moulins de la ville sont mentionnés dans la chronique de Marius d'Avenches relatant l'effondrement du Tauredunum, en Bas-Valais, qui provoqua un raz-de-marée dans le lac Léman, entraînant la destruction des moulins à Genève.
- 1558-1568 La ville compte 35 roues à blé, 5 moulins à foulons pour les draps et les peaux, et 7 meules-battoirs.
- 1708-1709 Installation de la première machine hydraulique (deux roues en bois qui actionnent deux pompes foulantes*) à la pointe de l'île sur le bras gauche du Rhône : la machine hydraulique d'Abeille. Son but est de distribuer l'eau dans les fontaines de la cité (places de l'île, Saint-Gervais, Fusterie, Longemalle, Molard). Elle a été fabriquée après deux siècles de tentatives de construction d'une telle machine à Genève.
- 1727 Transformation de la machine hydraulique. Une roue unique de 7 m de diamètre est installée.
- 1732 Adjonction d'une deuxième roue similaire.
- 1800 Environ 50 moulins sont recensés à Genève, dont 25 à blé. Saturation de certains sites. A certains moments de l'année (basses eaux), le courant ne parvient plus à faire tourner toutes les roues.
- 1816 Dernières améliorations apportées à la machine hydraulique par Guillaume-Henry Dufour. Débit de 750 l/mn. Alimentation de 24 fontaines.
- 1841-1843 Construction d'une nouvelle machine hydraulique par Cordier à 20 m en amont de la pointe de la Grande île (ancêtre du pont de la Machine). Le bâtiment est sur pilotis. Une paire de grandes roues verticales en fonte de type Poncelet*, de 6,5 m de diamètre et 4,9 m de largeur, sont reliées à quatre pompes aspirantes. Débit : 4500 l/min. Installation montée sur des vérins pour suivre le niveau de l'eau. Alimentation de 40 fontaines.
- 1864 Adjonction d'une nouvelle aile nord au bâtiment de la Machine abritant une roue Poncelet de 10 m de diamètre fournissant 4500 l/mn.
- 1866 Création de la société des eaux de l'Arve. Fourniture de l'eau de l'Arve sur la Rive gauche : Vandœuvres, Chêne-Bougeries.

- 1872 Adjonction d'une aile sud abritant une turbine à siphon actionnant deux pompes fournissant 4000 l/mn. Potentiel hydraulique de la Machine : 12000 l/mn.
La SIP commercialise l'hydromoteur Schmid transformant l'eau à basse pression produite par la machine en énergie rotative qui pouvait alimenter machines rotatives ou génératrices.
- 1874 Incendie du Moulin David (à la hauteur de l'actuel Hôtel du Rhône).
- 1879-1880 Avec le succès rencontré par l'hydromoteur et la fourniture d'eau à domicile, le service des eaux de la Ville construit en aval du pont de la Coulouvrenière une **machine hydraulique** d'appoint fonctionnant à la vapeur, capable de pomper entre 6000 et 9000 l/mn. Cette machine est située à l'intersection actuelle du quai des Forces Motrices et de la rue de l'Arquebuse.
- 1884 Le 17 décembre : signature de la convention intercantonale de régulation du niveau des eaux du lac signée par Vaud, Genève et Valais suite au Procès du Léman porté devant le Tribunal Fédéral. Le niveau du lac est fixé entre 371,7 et 372,3 m. C'est au canton de Genève, situé à l'embouchure, de le régler au moyen des vannes du barrage à rideau du pont de la Machine (aujourd'hui le réglage se fait au barrage du Seujet).
- 1883-1886 Construction du **Bâtiment des Forces Motrices (BFM)**. Pour faire face à la demande croissante en eau, régler la question du niveau des eaux du lac et développer un réseau d'énergie industrielle, les autorités genevoises décident de construire une usine hydraulique en aval de l'île équipée par 20 turbines. La ville obtient la concession de la part de l'Etat.
Travaux en trois périodes :
1883-1884 : assèchement et creusement du bras gauche
1885-1886 : construction du radier et de la halle des machines
1886-1887 : assèchement du bras droit et construction du barrage à rideau pour réguler le niveau du lac.
- Disparition des derniers moulins en ville
- 17 mai 1886 **Inauguration du BFM.**
20 turbines type Jonval horizontales actionnant chacune deux pompes horizontales à piston plongeur à double effet.
Au total, les machines construites par Escher-Wyss développaient une puissance de 5400 chevaux, permettant de pomper près de 70 000 l/min
Deux chambres abritent deux turbines couplées à des dynamos électriques.

- 1887 Le Conseil administratif de la ville autorise la Société d'appareillage électrique à poser des canalisations électriques dans les rues de la ville pour alimenter des lampes Edison chez les privés. Réaffectation du bâtiment de la Machine en centrale hydroélectrique (concession accordée à la Société d'appareillage électrique). Une turbine alimentée par l'eau sous pression du BFM couplée à des dynamos produisait de l'électricité.
- 1890 Etude d'une nouvelle usine hydro-électrique en aval du BFM pour servir au développement industriel de Genève.
- 1892 Projet de construction du **barrage de Chèvres** à l'embouchure du Nant du Lignon. Barrage de 76 m de long abritant 15 turbines de 800 chevaux chacune. Energie électrique (alternatif triphasé) ensuite transportée par câble électrique vers la ville à 6 km de distance.
- 1895 Le barrage de Chèvres entre en fonction.
- 1912 Désaffectation de la machine hydraulique d'appoint à vapeur.
- 1947 Mise en fonction du **barrage de Verbois**.
Désaffectation du barrage de Chèvres.
- 1984 Désaffectation du BFM.

LES ENGRENAGES*

Est appelé engrenage tout système composé de deux roues dentées permettant de transmettre un mouvement de rotation. L'une des roues, la roue motrice, entraîne l'autre par l'action des dents successivement en contact.

Lorsque celle-ci est plus petite que l'autre, elle tourne plus vite. Inversement, lorsqu'elle est plus grande, elle tourne plus lentement. Le rapport du nombre de dents entre les deux roues donne le rapport de vitesse.

Les engrenages sont déjà connus des Grecs qui leur préfèrent les cordes, les poulies et les vis. Il faut attendre le Moyen Age et la généralisation des moulins pour que les engrenages prennent une place réelle dans le monde industriel.

En effet, un moulin à eau à roue verticale nécessite forcément un engrenage car le mouvement de la verticale de la roue doit être transformé en mouvement horizontal de la meule.

Les premiers engrenages dans les moulins sont en bois, à axes parallèles et ont une denture droite.

Les engrenages en métal, qui sont plus précis, se généralisent au 17^e siècle dans la petite mécanique et l'horlogerie. C'est au 19^e qu'ils connaîtront un fort essor avec l'apparition des machines puissantes et rapides.

Les différents types d'engrenages :

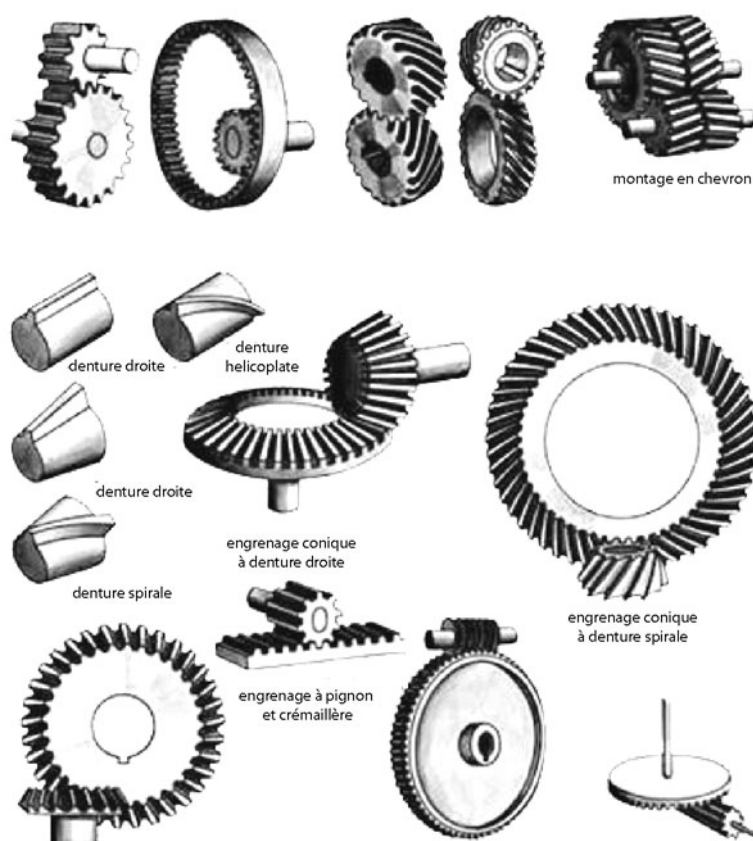
- Engrenages à denture droite: ce sont les engrenages les plus simples et les plus courants. Les roues s'engrènent toutes entre elles, quels que soient leur diamètre et leur nombre de dents.
- Engrenages à denture hélicoïdale: les roues s'engrènent aussi toutes entre elles mais les hélices formées par les dents doivent être de sens contraire. Ils sont utilisés lorsque des critères de qualité mécanique, de silence de fonctionnement et de précision dans le positionnement sont exigés (mécanique automobiles, machines outils).
- Engrenages à axes concourants (qui se coupent) : les roues sont de formes coniques et les dentures, en général, droites.

L'image suivante illustre la diversité des engrenages :

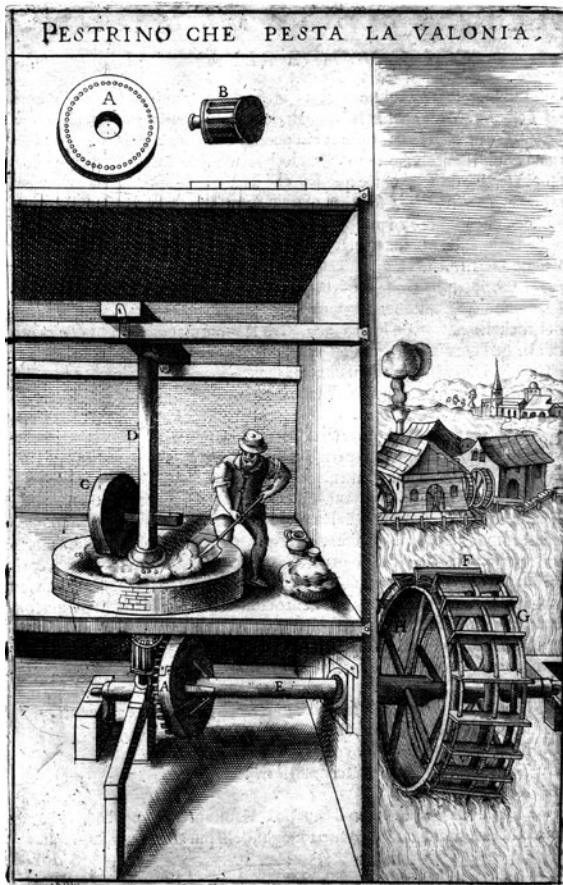
Les engrenages font partie de notre vie de tous les jours, peut-être sans que nous nous en rendions compte. Voici quelques objets courants qui nécessitent un engrenage :

- le tire-bouchon
- la montre
- la chignole
- le moulin manuel à battre la crème
- le cric pour soulever la voiture

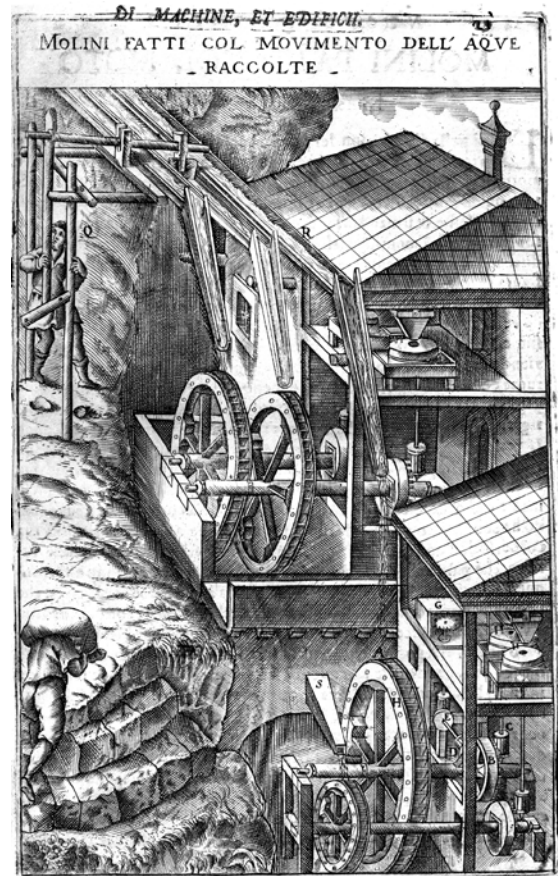
... et nos trains à crémaillère qui ne pourraient pas franchir les fortes pentes de nos montagnes sans leur système d'engrenages !



<http://lamaintenance.fr/mecanique/les-engrenages-les-differents-types/>



Moulin battoir (meule tronconique verticale qui tourne sur une meule horizontale utilisée pour moudre et presser) bâti sur l'eau sur des pilotis qui forment une plateforme reliée à la rive par un pont en bois. C'est ce genre de moulins que l'on trouvait à Genève.



Moulin alimenté par un canal (par-dessus). Dans ce cas, le courant est dérivé d'une rivière ou par un bassin d'accumulation.

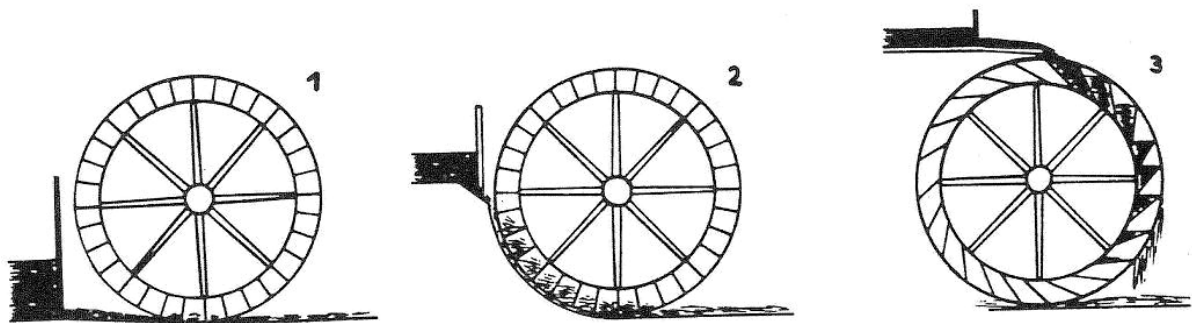
Illustrations tirées de «Novo Teatro. Di Machine et Edificii». Vittorio Zonca

La roue

La **roue verticale** est placée verticalement par rapport à l'eau et son axe est horizontal. Elle nécessite l'utilisation d'un système d'engrenages qui permet de transformer le mouvement circulaire vertical de la roue en un mouvement circulaire des meules horizontales. L'engrenage permet non seulement le renvoi du mouvement mais aussi son accélération.

Le point d'impact de l'eau détermine une typologie des roues verticales :

Les trois principaux types de roues ;



1. roue en dessous

2. roue de côté

3. roue en dessus

Tiré de «Moulins oubliés du Haut Jura Neuchâtelois». Raoul Cop

La **roue à augets** est une roue en dessus dont la couronne est munie de compartiments en planches (augets) qui se remplissent puis se vident. L'eau y parvient par son sommet et l'entraîne par son poids. C'est le système le plus efficace pour les chutes de plus de 3 mètres.

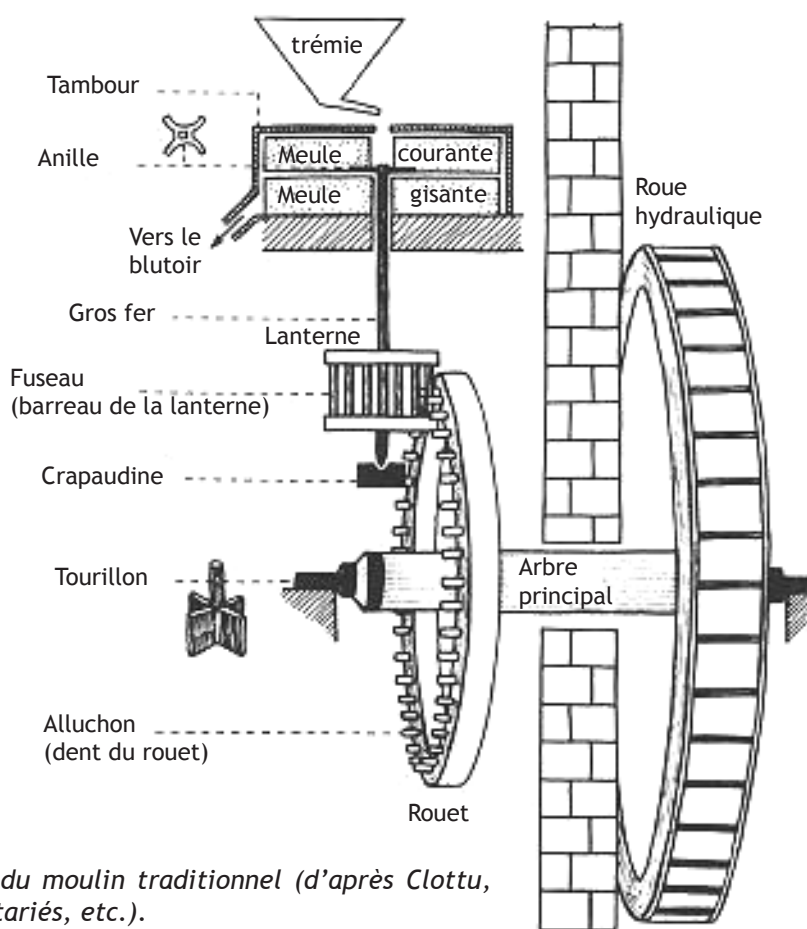
La **roue au fil de l'eau** est une roue verticale construite sur les fleuves larges, difficiles ou trop coûteux à endiguer, avec de fortes variations de niveaux. A Genève, les moulins, tous situés sur le Rhône sont construits sur des pilotis et munis de ce type de roue. Ces roues sont parfois montées sur un châssis mobile qu'on abaisse ou élève suivant les niveaux des eaux.

La **roue horizontale** est placée horizontalement par rapport à l'eau et son axe est vertical. Elle transmet directement le mouvement de la meule à l'aide d'un arbre* vertical : à chaque tour de roue correspond un tour de meule. La puissance de ce type de roue convient à des besoins domestiques ou artisanaux. En Suisse, on la retrouve dans les régions de montagne (Valais, Grisons et Tessin) car elle est parfaitement adaptée aux terrains en pente.

Comment ça marche ?

Tous les anciens moulins à eau suivent un même schéma : il s'agit à chaque fois de transmettre le mouvement de rotation de l'axe horizontal qui porte la roue motrice à un axe vertical qui entraîne la meule tournante.

Le schéma suivant représente les principaux organes d'un moulin traditionnel.



Les principaux organes du moulin traditionnel (d'après Clottu, Evans, Stäheli, actes notariés, etc.).

Tiré de « Moulins oubliés du Haut Jura Neuchâtelois ». Raoul Cop

La **roue** à eau est fixée à un gros axe, l'**arbre**, renforcé par des anneaux de fer. L'arbre se termine à chaque bout par une tige métallique, le **tourillon**.

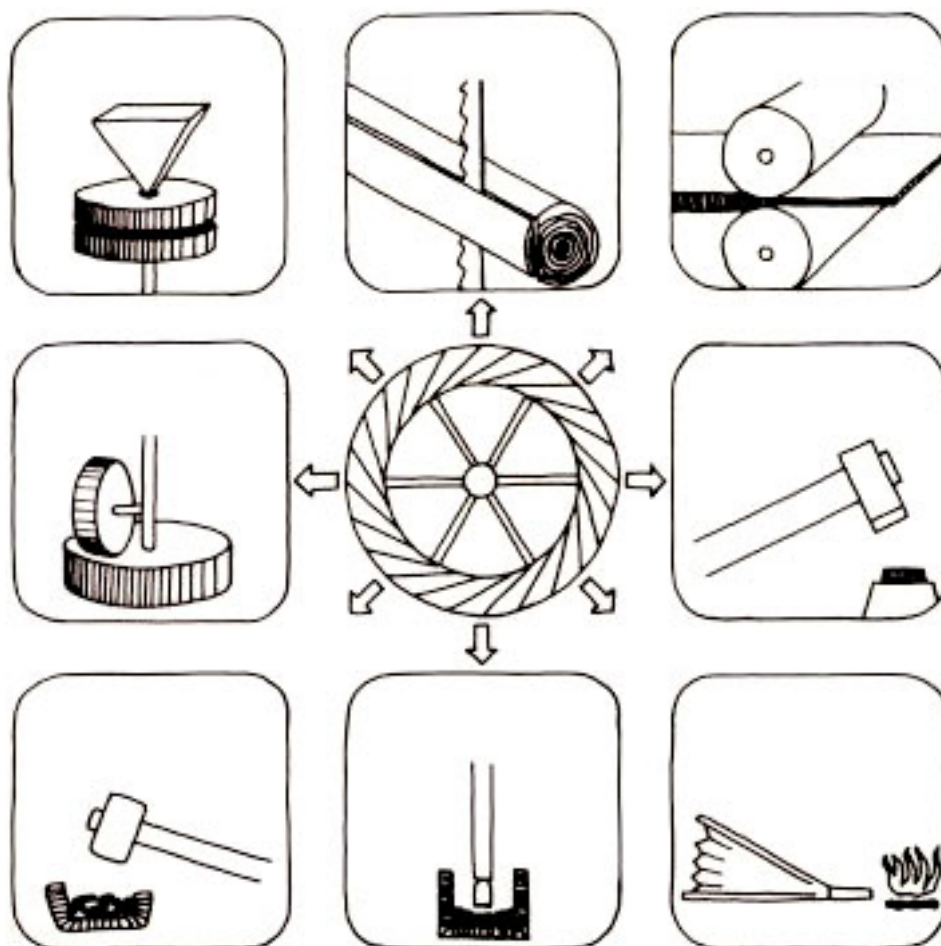
Par l'intermédiaire de l'arbre, la roue hydraulique fait tourner dans le moulin une grande roue en bois, le **rouet**, dont la couronne porte des dents plantées parallèlement à l'axe (les **alluchons**). Ces dents s'engrènent avec les barreaux d'une cage cylindrique appelée **lanterne**, provoquant ainsi la rotation de son axe métallique vertical, le **gros fer**. Celui-ci soutient la meule supérieure et la met en mouvement.

A noter que le nombre des dents du rouet est nettement supérieur à celui des barreaux de la lanterne. C'est ainsi que la meule tourne beaucoup plus vite que la roue hydraulique.

Le gros fer traverse la **meule** de dessous, appelée dormante (ou gisante) car immobile, par le milieu et son extrémité supérieure s'emboîte dans le trou de l'**anille**, une pièce métallique dont les quatre bras font corps avec la meule du dessus dite courante.

Comment obtient-on de la farine ?

Le meunier verse le grain dans une trémie*, entonnoir en forme de pyramide à base carrée posée sur la pointe surmontant la meule. Un mécanisme assure l'écoulement régulier du grain entre la trémie et la large ouverture qui traverse la meule courante. Le grain est broyé entre la meule inférieure fixe et celle du dessus qui tourne. Le grain se transforme alors en poudre homogène, la **mouture**. Celle-ci tombe dans un tamis de toile, le blutoir qui permet la séparation de la balle (enveloppe extérieure du grain) et de la farine.



*Les applications les plus courantes de l'énergie hydraulique (d'après «Le moulin à vent et le meunier dans la société française traditionnelle», Claude Rivels, modifié)
Tiré de «Moulins oubliés du Haut Jura Neuchâtelois». Raoul Cop*

Utilisations

La possibilité de convertir le mouvement de rotation en différentes formes de mouvement a fait de la force hydraulique une source d'énergie potentielle pour toute une variété de travaux industriels.

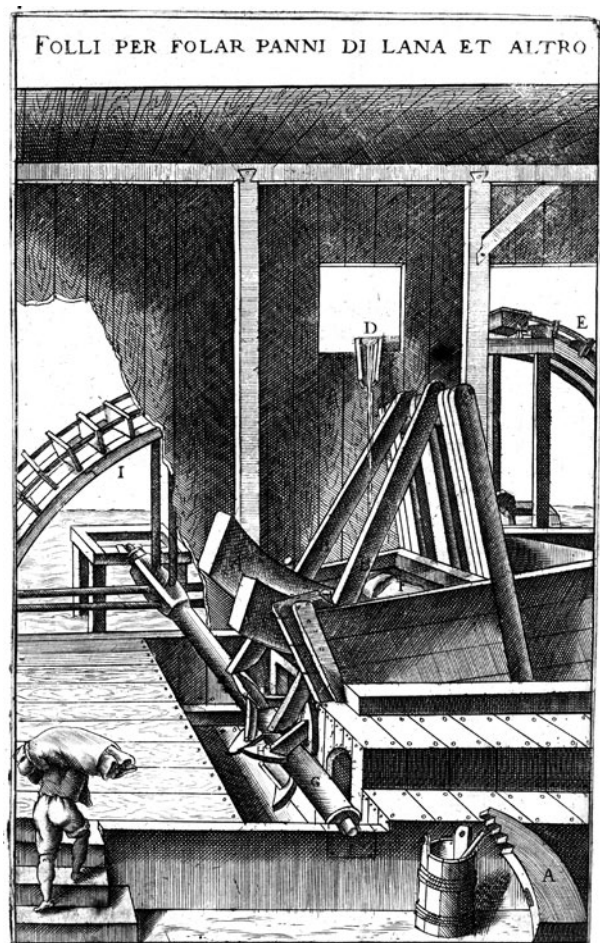
Dès le 16^e siècle, la ville de Genève a connu de nombreuses constructions de moulins à des buts industriels.

- Industrie alimentaire : les moulins sont surtout utilisés pour moulinier le blé mais ils ont également été utilisés pour broyer d'autres aliments comme :
 - les épices
 - le cacao pour produire du chocolat
 - les noix et noisettes pour en faire de l'huile

Dans ces trois derniers cas, c'est une meule tronconique qui tourne dans une conche et broie la matière.

- Industrie textile : les moulins servent aussi à fouler des draps. Ceux-ci sont placés dans une cuve d'eau et martelés pour resserrer et enchevêtrer les fibres et leur donner de l'épaisseur et du moelleux. Le moulin est alors appelé foulon et il utilise la force hydraulique pour activer des maillets.

Le foulon bat aussi des étoffes pour produire du papier.



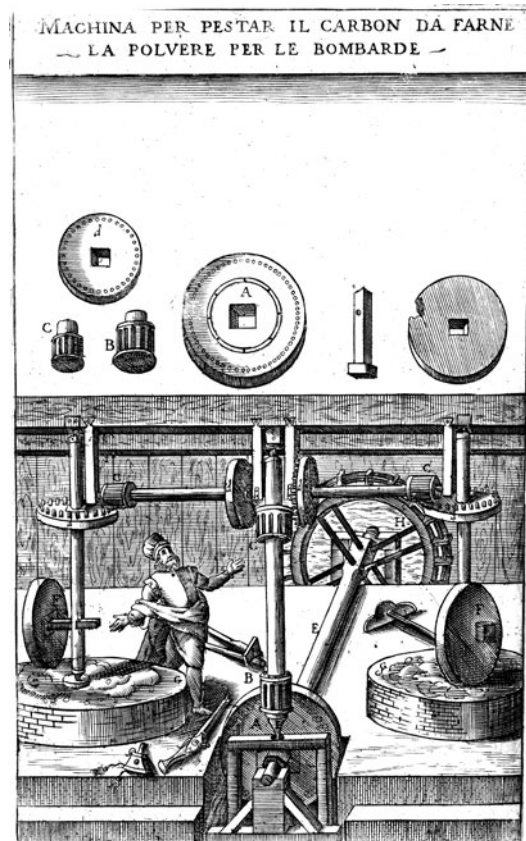
Fouloir à laine

Tiré de «Novo Teatro. Di Machine et Edificii». Vittorio Zonca

- Forgeage: la roue motrice permet de faire fonctionner des martinets* dont la tête retombe lourdement sur la pièce métallique à étendre.
- Autres utilisations:
 - Production de poudre à canon avec une meule tronconique.
 - Moulin à lavures: recyclage de la poudre d'or et d'argent par les horlogers et les orfèvres: ils brûlent la poudre perdue durant le polissage. Les cendres sont ensuite lavées et triturées par une meule tronconique. Finalement les cendres sont mélangées à du mercure qui sépare les métaux précieux de la cendre.
 - Hachage de tabac avec des maillets munis de lames.

Moulin pour la production de poudre d'artillerie.

Tiré de «Novo Teatro. Di Machine et Edificii». Vittorio Zonca



Un moulin comprend souvent plusieurs mécanismes. Même les moulins de campagne aux alentours de Genève, surtout destinés à la mouture du blé, abritent souvent d'autres mécanismes soutenus aussi par la force hydraulique comme ceux qui actionnent les scies, les meules à polir et à aiguiser.

Au 18^e siècle, l'accroissement du nombre d'installations qui profitent de la force hydraulique ainsi que la machine hydraulique (située vers la pointe orientale de l'Ile) qui distribue de l'eau aux différentes fontaines et aux particuliers entraînent souvent des ralentissements du courant d'eau. Cette situation de surexploitation provoque des nombreux litiges entre les gérants des moulins et l'Etat de Genève.

ACTIVITÉS EN CLASSE POUR INTRODUIRE L'EXPOSITION

Moudre le grain à la main...

Matériel: petit mortier et pilon, grains d'épeautre.

Demander aux élèves d'écraser les grains pour en faire de la farine. Ils se rendront compte qu'il leur faudra beaucoup de temps et de force pour obtenir 1 kg de farine. On peut préciser que dans certains pays, les personnes utilisent encore la force de leur bras pour moudre ou piler les grains mais c'est de plus en plus rare.

A partir de là, on peut facilement faire comprendre l'utilité d'un moulin qui utilise la force de l'eau pour moudre le grain.

Les moulins à Genève

Cette activité permet de montrer la disparition des moulins à Genève suite à l'implantation de l'usine des forces motrices. Elle se base sur les plans des pages 10-11.

- Découper des roues de moulins dans du papier. Des images de roue se trouvent en annexe.
- Le plan de la page en annexe pourra être agrandi en A3; demander aux élèves de coller les roues à l'emplacement des moulins qui existaient jusqu'en 1882. Les élèves pourront aussi indiquer l'emplacement de la machine hydraulique et du Bâtiments des Forces Motrices dont ils voient encore les bâtiments en ville (Coulouvrenière et pont de la Machine).

Les moulins dans la littérature

Des jolies comptines pour les tous-petits :

L'épi de blé

Je n'avais qu'un épi de blé (bis)
En bon terrain je l'ai semé
Refrain (2 fois)
Lon Fal Malira, dondaine la li ra
Lon fal malira dondaine

À pleines mains j'ai récolté
Puis au moulin je l'ai porté
La farine vendue au marché
Un grand profit m'a rapporté
Un bel habit j'ai commandé
La fille du roi m'a regardé
Le roi m'a fait son conseiller
Un grand domaine il m'a donné
D'honneurs et de biens m'a comblé

Le moulin

Le moulin fait tic, tac, tic, tac!
Il moud le grain,
Cric, crac, cric, crac!
Le grain fait de la farine,
Elle est blanche et fine,
Petit meunier tapez des mains,
Tournez, tournez joli moulin.

Activité autour des comptines :

- o A partir des comptines, définir l'utilité des moulins dans l'alimentation
- o Développer les autres utilisations du moulin : industries textiles, forgerie, imprimerie et même la fabrication du chocolat.

Et pour les plus grands :

Les moulins et les meuniers ont inspiré bon nombre de poètes et écrivains.

Emile Verhaeren (1855-1916), poète belge flamand, a écrit de nombreux poèmes sur les différents métiers villageois, dont le meunier. Le poème ci-après fait référence à un moulin à vent.

LE MEUNIER

À la limite
Des villages et des hameaux,
Le vieux meunier, comme un ermite,
S'exile et vit, là-haut,
Tranquille et doux, dans sa maison
ailée.

Il a surpris les démêlés
Qu'ont entre eux la pluie et le
brouillard,
L'aube qui boude et le soleil blafard,
Les jours givrés d'hiver, les jours
pourris d'automne,
Et ceux de l'été vert et monotone.

Le vieux meunier vit calme et lent,
En ses sabots de bouleau blanc ;
Son dos compact se bombe en voûte,
Mais son oreille est fine et l'on dirait
Que son regard, même distrait,
Toujours là-bas, du côté de la route,
Reste aux écoutes.

L'essieu criard comme un oiseau de
nuit,
Dans le sommeil profond des
campagnes muettes,
Roule, de tous côtés, vers lui,
Les gars campés sur leurs charrettes.
Ils arrivent des horizons d'Escaut
Et des fermes droites, là-haut,
Près des digues jaunes ou grises ;
Ils arrivent, par les chemins blottis
Dans les sablons de Locristy
Et les bas-fonds de Hamme et de
Tamise.



Du haut de sa lucarne en bois,
Le bon meunier les aperçoit
Et d'un mot preste les aborde ;
Et vite il leur descend sa corde :
Un nœud coulant y rattache les sacs.
Puis sans un heurt, sans un ressac,
En ligne raide, en ligne droite,
Le seigle clair, le froment frais,
S'élève, est englouti et disparaît
Par une trappe étroite

Le bon meunier reste là-haut,
Menant sa vie obscure et seule,
Près de ses meules ;
Il collabore au pain des bourgs et des
hameaux ;
Il est couvert de cendre et de farine fine ;
Il apparaît aux crédules enfants
Comme un grand saint Nicolas blanc
Qui demeure près des nuages ;
Autour de son vieux front le ciel semble en
voyage ;

Le poing noueux des ouragans l'étreint,
Mais rien ne le submerge.

Il distingue, là-bas, sur les canaux,
Les noms usés des vieux bateaux
Et l'enseigne des antiques auberges,
Et, tout au loin, Anvers la grande et ses vingt
tours ;
Si bien qu'il lut, devant témoins, un jour,
L'heure exacte et son chiffre de flamme
Au cadran d'or de Notre-Dame.

Et tel, le bon et paisible meunier,
Parmi ses sacs et ses paniers,
Travaille en sa maison ailée ;
Et les saisons démuselées
Sous des cieux d'or, de foudre et de tempête,
Passent, sans que se trouble ou s'inquiète,
Du poids des ans,
Sa tête.

Activités autour du poème :

- Ce poème peut faire l'objet d'une analyse de texte autour du moulin et du travail central du meunier dans les villages.
 - Demander à l'élève de relever tous les mots en relation directe avec le moulin.
 - Le paragraphe en gras décrit de manière très poétique le travail du meunier.
- A partir du poème, les élèves dessinent une scène de village incluant le moulin.

On peut relever que le meunier avait plutôt mauvaise réputation. Il était souvent vu comme un fainéant alors qu'il travaillait du matin au soir, pour moudre le grain et que sa femme l'aidait. On le percevait aussi comme un voleur et un profiteur de la société car jusqu'au 18^e siècle, il se faisait payer en nature et on pensait qu'il prenait toujours plus que son dû.

Quelques proverbes faisant référence au moulin :

On peut changer de meunier mais pas de voleur.

On ne peut pas être au four et au moulin.

Il vaut mieux aller au moulin qu'au médecin.

Qui premier vient au moulin qui premier doit moudre.

Les moulins dans l'art

Les moulins font partie, jusqu'au milieu du 19^e siècle, des paysages de la ville et de la campagne. Ils sont souvent représentés sur les tableaux de paysages.

Le tableau en annexe « Vue de Genève prise depuis Saint-Jean », a été peint par Robert Gardelle au 18^e siècle. Il peut faire l'objet d'un exercice d'observations et de repérage géographique avec les élèves.

Éléments à relever :

- le Rhône
- les deux moulins sur pilotis au premier plan.
- la cathédrale à l'arrière plan, au centre
- St-Gervais à l'arrière plan à gauche
- le Salève à l'arrière plan à droite
- les Voirons à l'arrière-plan à gauche

Par ailleurs, on peut le voir exposé au premier étage de la Maison Tavel.

APRES LA VISITE

BRICOLAGES EN CLASSE :

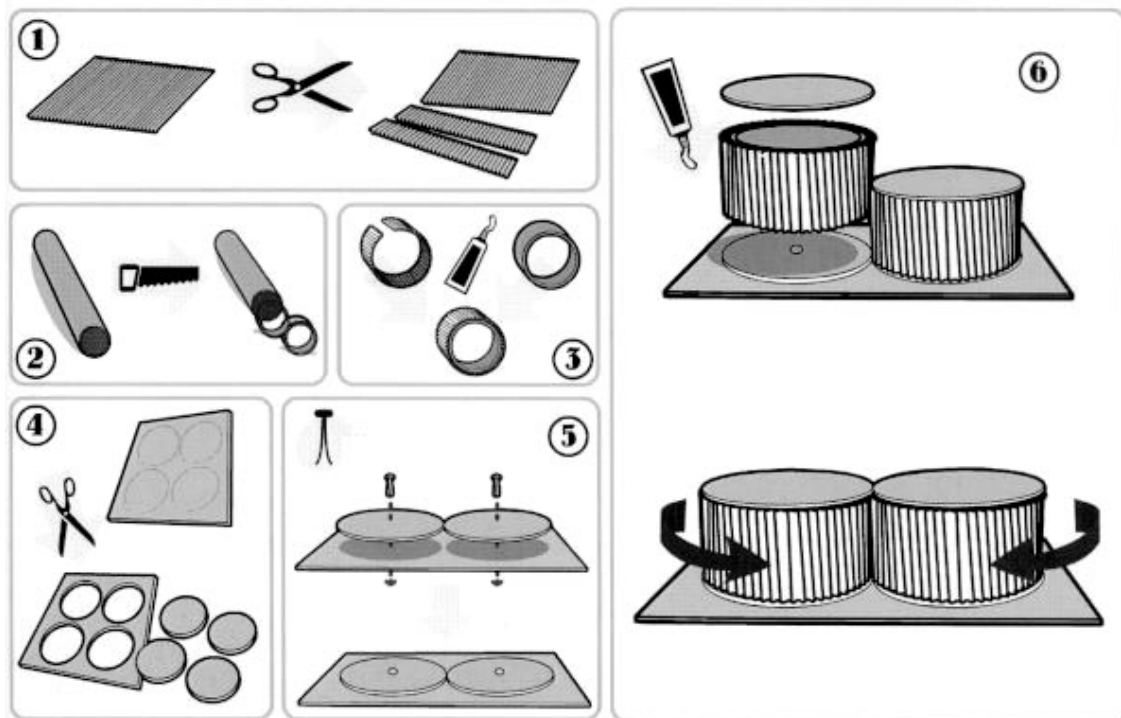
Engrenages

Matériel :

- 2 bandes de carton ondulé (2-2,5 cm)
- 2 rondelles de tubes en carton ou de bois (2-2,5 cm)
- 4 cercles de cartons du même diamètre que les rondelles
- 1 support rectangulaire en carton
- Attaches parisiennes
- Colle, ciseaux

Fabrication

Le carton ondulé sert de denture des roues. On le colle autour des deux rondelles. On fixe deux cercles en carton côte à côte sur le support rectangulaire avec des attaches parisiennes au centre. On colle les rondelles de carton ondulé sur les deux cercles et on les couvre avec les 2 cercles restants. On tourne les rondelles pour faire fonctionner l'engrenage.



Tiré du CD-Rom « engrenages et manivelles » des musées des techniques et cultures comtoises

Petit moulin à eau

Matériel :

- 1 bouchon en liège
- 2 pots de yoghourt en plastique
- 1 bouteille en plastique de 1 l ou 1,5 l, de préférence lisse.
- 2 pics à brochettes
- un gros clou, un stylo bille ou un compas pour faire des trous dans le plastique
- cutter pour couper le plastique : attention les enfants doivent éviter d'utiliser le cutter !
- une paire de ciseaux

Fabrication

On découpe d'abord 4 à 6 rectangles de même taille (environ 4 cm sur 3 cm) dans les pots de yoghourt. Ils feront office de pales.

On découpe des entailles en longueur, régulièrement espacées dans le bouchon. Il faut autant d'entailles que de pales.

On fait glisser les pales dans les entailles ou on les colle au besoin.

On coupe deux ouvertures de chaque côté de la bouteille. On perce ensuite la bouteille de chaque côté, au niveau des ouvertures. Il vaut mieux décentrer légèrement les trous et les placer à la même hauteur. On place pour finir le moulinet dans la bouteille et on fait passer chaque pic de brochette dans les trous de la bouteille puis on les pique des deux côtés du bouchon.

Lorsque l'on verse de l'eau dans la bouteille, la roue tourne !

Remarques :

Les pales peuvent aussi être découpés dans des plaques fines de bois. On peut aussi simplement mettre la roue au bord de l'évier et ouvrir le robinet ou mieux, la fixer au bord d'une rivière pour la faire tourner à la force de l'eau au naturel.

Dessiner un moulin

- Par groupe de 2 ou 3 élèves, dessiner un moulin à eau où l'on voit à l'intérieur le système d'engrenage relié à la meule.
- Ajouter la légende : roue à aubes, arbres à cames, engrenages, meule et compléter le dessin avec des flèches allant dans le sens du mouvement.

On peut utiliser pour cette activité du papier A3 et afficher les différents dessins en classe.



Pour aller plus loin :

L'énergie est loin d'être gratuite et elle est limitée. Il devient nécessaire de consommer moins et de se tourner vers les énergies renouvelables, comme la force de l'eau, que notre pays possède en abondance.

L'eau, même si elle est encore gratuite chez nous et quasiment illimitée, doit être exploitée de manière durable. Au temps des moulins, l'eau du Rhône ne suffisait plus à faire tourner toutes les roues qui encombraient le fleuve !

Le texte suivant est tiré du site SIG. Il résume les avantages et les inconvénients de l'énergie hydraulique.

Energie renouvelable très répandue, l'hydraulique dispose de nombreux atouts. Cependant, comme toute technologie, elle exerce également un impact négatif sur son environnement. Ceci est particulièrement vrai pour les très grands barrages, aujourd'hui controversés. En revanche, la construction de centrales électriques de petite taille et au fil de l'eau est encouragée dans le monde entier.

Les points positifs

- L'énergie hydraulique est renouvelable et propre.
- Les petites centrales hydrauliques ne rejettent pas de CO₂, ni de gaz nocifs ou de substances polluantes. Elles ne produisent pas de déchets.
- Une centrale hydraulique au fil de l'eau fonctionne en continu, jour et nuit, toute l'année.
- Economiquement, l'énergie hydraulique est compétitive. Le combustible ne coûte rien et les frais de fonctionnement sont peu élevés.
- Les centrales hydroélectriques ont un excellent bilan énergétique. Pendant leur durée de vie, qui peut dépasser cent ans, elles amortissent jusqu'à 150 fois leur construction.
- La technologie de l'énergie hydroélectrique est une technologie éprouvée, simple et bien maîtrisée.
- Les petites centrales hydrauliques « certifiées » répondent à des normes sévères pour protéger l'écosystème de la rivière.

Les inconvénients

- Les grands barrages entraînent de gros dommages environnementaux et humains par l'inondation de vallées entières.
- Les lacs d'accumulation tropicaux émettent beaucoup de CO₂ et de méthane à cause de la décomposition des végétaux dans les zones inondées.
- Le paysage est parfois dégradé par les murs de retenue, les prises d'eau ou les conduites forcées.
- Les centrales qui ne respectent pas un débit résiduel minimal ou qui ne sont pas équipées d'une échelle à poissons portent atteinte à la faune piscicole.
- Les rejets d'eau brutaux provoquent des marnages et des dépôts de sédiments préjudiciables à l'écosystème des environs de la centrale.

Tiré du site SIG

Les petites centrales hydro-électriques (PCH)

Une petite centrale électrique est une centrale construite au fil de l'eau et qui ne dépasse pas le 10 000 kW de puissance.

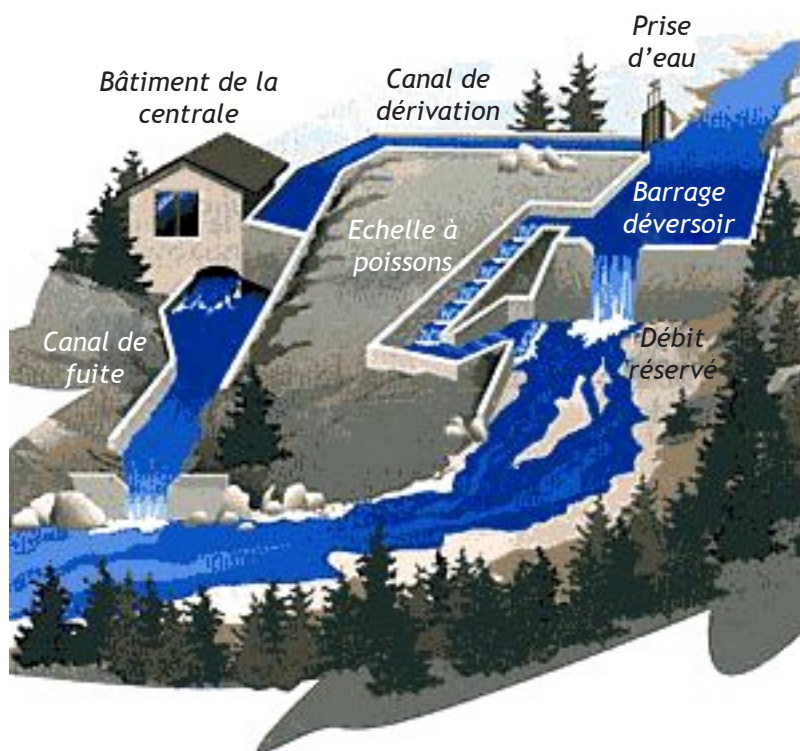
En Suisse, on trouve de plus en plus ce type de centrales autour des grandes centrales à barrage.

La quantité d'énergie hydraulique produite dépend de 2 facteurs: le débit de la rivière et la hauteur de chute.

Une faible masse d'eau tombant de haut produira donc la même quantité d'électricité que beaucoup d'eau dévalant un faible dénivelé.

La microcentrale: c'est le bâtiment qui abrite les équipements de production du courant: turbine, générateur, systèmes de contrôle et de régulation.

Le barrage: il sert à dériver une partie du débit de la rivière vers la microcentrale (centrale dite «au fil de l'eau»)



Les ouvrages de dérivation permettent la circulation de l'eau :

- la prise d'eau prélève le débit nécessaire au fonctionnement de l'installation. Elle est en général équipée d'une grille qui retient les débris et matériaux charriés par le cours d'eau;
- le canal de dérivation (bief*) amène l'eau à la conduite forcée (haute chute) ou à la centrale (basse chute);
- la conduite forcée relie la prise d'eau ou le bief à la turbine;
- le canal de fuite (ou de restitution) ramène l'eau à la rivière.

Site de Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie: http://www.ademe.fr/midi-pyrenees/a_2_12.html

Pour faire fonctionner une petite centrale, il faut disposer : d'une prise d'eau sur le lit de la rivière, d'un ouvrage d'amenée d'eau au site de production (la centrale), d'une turbine, d'un alternateur et d'un transformateur (pour le raccordement au réseau).

Contrairement aux aménagements de grande taille, les petites centrales hydrauliques ne possèdent en général pas de retenues d'eau importantes. Dans la plupart des cas, le barrage a pour unique fonction de garantir le niveau d'eau constant nécessaire au fonctionnement de la prise d'eau.

Les petites centrales classiques sont par conséquent, dans leur majorité, des ouvrages au fil de l'eau, ce qui les rend particulièrement dépendants du régime hydrologique de la rivière sur laquelle elles se trouvent.

Au cours du 20^e siècle en Suisse, la densification des réseaux électriques, l'offre d'énergie produite à des prix avantageux par les grandes centrales hydroélectriques et la concurrence des petites génératrices à combustible fossile, flexibles et bon marché, ont conduit à la disparition de la plus grande partie des petites centrales hydrauliques.

En 1985, il ne restait plus qu'environ 1000 petites centrales hydroélectriques (alors qu'il y en avait 7000 au 19^e siècle!) de moins de 10 MW encore en service.

En 1991, sous l'influence de la catastrophe nucléaire de Tchernobyl et face à la menace du réchauffement de la planète, un arrêté fédéral sur l'énergie fut édicté sur la base d'une votation populaire. Cet arrêté définit les nouvelles conditions économiques en faveur des énergies renouvelables. Le programme d'action «Energie 2000» visant à une politique de soutien des énergies renouvelables est lancé cette même année.

Dans les pays en voie de développement, les microcentrales électriques constituent une alternative efficace, écologique et durable pour produire de l'énergie, en particulier dans les pays dotés de nombreux cours d'eau.

Elles peuvent fournir de l'électricité dans les régions rurales mal raccordées au réseau.

Et pour prolonger votre visite...

Retrouver des moulins et des machines hydrauliques dans Genève?

C'est possible à la Maison Tavel, Musée d'histoire urbaine et de vie quotidienne genevoise. Le Musée présente plusieurs vues de la ville de Genève de grand format :

1. Des vues de Genève au **18^e siècle** peintes par Simon Malgo et Robert Gardelle, exposées au 1^{er} étage dans la salle attenante à celle de la maquette, permettent de voir Genève, ses remparts, le Rhône et ses **moulins**, ainsi que des promeneurs endimanchés, pour se projeter dans une ancienne Genève avec une rade et le Rhône d'un aspect très champêtre.
2. Une maquette de Genève en 1815, au 1^{er} étage, qui propose une vue de Genève avec la **machine hydraulique d'Abeille**, au niveau de l'île actuelle et les maisons au bord de l'eau.
3. Une maquette de Genève autour de 1850, dite Relief Magnin, dans les combles de la maison, qui donne à voir à grande échelle Genève avant la destruction des remparts. On y découvre les **moulins de la Coulouvrenière**, la **machine hydraulique de Cordier** (sur l'actuel pont de la Machine) ainsi que le plan d'eau aménagé.

En outre, pour compléter ces visions, du 3 avril 2009 au 4 octobre 2009 :

L'exposition ***Comment Genève a grandi*** se tient au sous-sol de la maison. Elle permet, autour de photographies anciennes retirées sur grand format, de découvrir Genève de 1850 à nos jours. On y retrouve entre autres des vues du Seujet et de la Coulouvrenière avec les moulins encore en activité, du Bâtiment des forces motrices en construction, de l'usine de Chèvres qui alimente l'éclairage public dès 1896 et du barrage de Verbois.

Maison Tavel

Rue du Puits-Saint-Pierre 6

1204 Genève

Ouvert du mardi au dimanche, de 10h à 17h

Entrée libre.

Médiation culturelle

T +41(0)22 418 25 00

F +41 (0)22 418 25 01

adp-mah@ville-ge.ch

GLOSSAIRE

Arbre : partie de machine de forme cylindrique qui transmet une puissance mécanique

Arbre à cames : c'est un dispositif mécanique permettant de transformer un mouvement rotatif en mouvement longitudinal et réciproquement. Dans les moulins à eau, les cames sont des sortes de petits doigts fixés sur l'arbre moteur qui actionnent par exemple des martinets pour le battage du fer.

Aujourd'hui, l'arbre à cames est une pièce essentielle du moteur automobile. L'arbre à cames, appelé également « arbre de distribution », commande l'ouverture des soupapes, en transformant le mouvement rotatif issu du moteur en mouvement longitudinal actionnant les soupapes.

Aube : partie de la roue d'un moulin ou d'une turbine en forme de cuillère ou de pale sur laquelle s'exerce l'action du fluide moteur.

Banalités : défenses faites aux habitants d'un territoire de recourir à d'autres installations (moulins, fours, etc.) que celles mises à leur disposition dans ce territoire par le seigneur ou des particuliers.

Bief : petit canal qui amenait l'eau aux roues à aubes ou aux turbines de moulins, de scieries ou d'usines de tissage. Le mot bief aurait comme origine l'ancien nom du castor, bièvre.

Engrenage : système composé de deux roues dentées permettant de transmettre un mouvement de rotation. L'une des roues, à roue motrice, entraîne l'autre par l'action des dents successivement en contact.

Foulant : qui peut faire monter un liquide (pompe foulante).

Foule : machine qui bat les étoffes de laines placées dans une auge avec de l'eau. Le but est de les dégraisser, les nettoyer et les rendre plus résistantes.

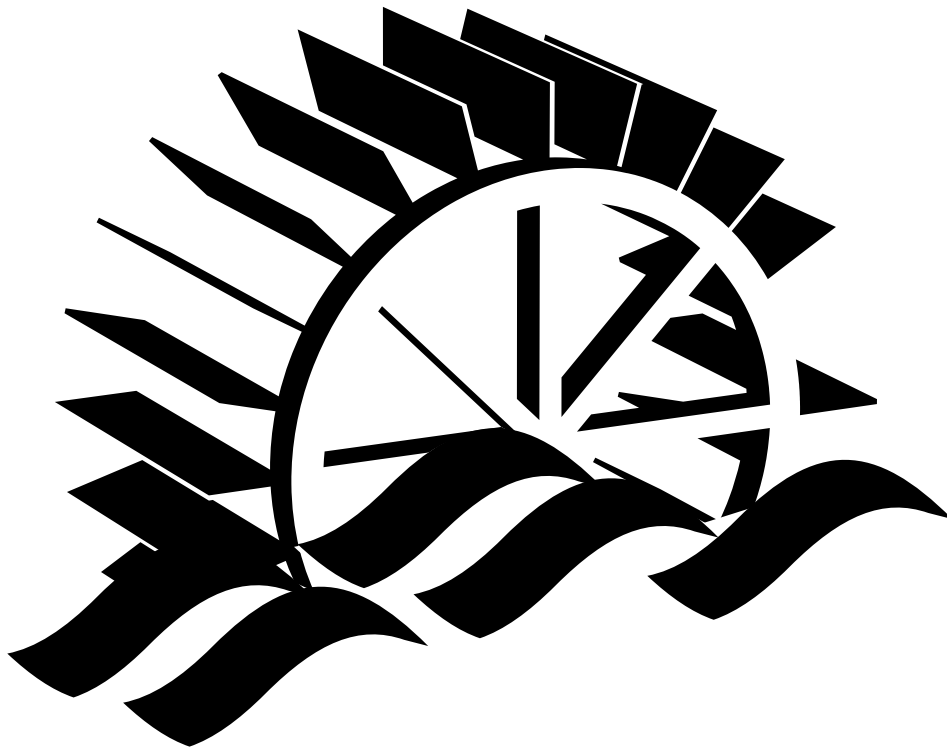
Martinet : suivant les lieux et les époques, martinet désigne uniquement le marteau actionné par des cames soit l'installation complète : moulin, forge, marteau. Il permet le travail du fer.

Roue à aubes : roue de construction particulière, munie de pales, permettant de créer ou de restituer un mouvement rotatif d'axe au départ d'un mouvement linéaire de fluide. Initialement simples et de construction très facile, elles ont évolué au fil du temps, avec les progrès de l'hydro et aéro-dynamique pour devenir les turbines d'aujourd'hui.

Roue Poncelet : du nom du mathématicien Jean-Victor Poncelet, cette roue en dessous possède des aubes courbes qui diminuent les pertes d'énergie dues au choc de l'eau sur les aubes. Poncelet calcula la courbure la plus efficace des aubes, le profil et la disposition de la vanne d'admission de l'eau, le rayon de la roue et la largeur de

la couronne portant les aubes permettant la meilleure utilisation de l'effet de l'eau sur les aubes courbes tout en conservant l'avantage des roues en dessous, c'est-à-dire leur vitesse de rotation plus élevée que celle des roues de côté ou en dessus. La roue était entièrement de métal, constituée par huit segments de couronne de fonte assemblés autour de l'axe et d'aubes en tôle. Si toutes les données géométriques n'étaient pas respectées le rendement n'atteignait pas la valeur espérée.

Trémie: genre d'entonnoir en forme de pyramide à base carrée qui surplombe la meule et dans lequel le meunier verse le grain à moudre.



BIBLIOGRAPHIE

Pour accompagner l'exposition

Les moulins à eau du Bassin genevois, état des lieux, Bénédic Frommel. Patrimoine et Architecture, 17. Ed. Infolio. Mai 2009.

Fiches pour partir sur le terrain à la découverte des moulins et autres appareils hydrauliques du Bassin genevois, production du Musée d'histoire des sciences, 2009.

Publications

Pain quotidien et pain de disette. Meuniers, boulangers et Etat nourricier à Genève (XVII^e-XVIII^e siècles), Laurence Wiedmer, Genève, Passé Présent, 1993, 511 p. (thèse de doctorat).

Les moulins de Genève, des acteurs précieux aux rôles multiples (XVI^e-XIX^e siècles), Mottu-Weber Liliane, conférence du 25 janvier 2001, Rencontres du Creux-du-Loup.

Moulins oubliés du Haut Jura Neuchâtelois. Histoire, fonctionnement, inventaire. Raoul Cop, Chez l'auteur, La Chaux-de-Fonds. 1990, 215 p.

Les Moulins, Jean Orsatelli, Marseille, 1979.

Les Moulins de Vert, groupe de recherches historiques de Cartigny

Les dents de l'effort : les engrenages, Clive Lamming, 2000, 8 p., Musée des arts et métiers.

Eau, gaz, électricité, Histoire des énergies à Genève du XVIII^e siècle à nos jours. Gérard Duc, Anita Frei et Olivier Perroux Éditions Infolio, Gollion (VD), 2009, 264 p.

Le ruisseau des Moulins, les usiniers au fil de l'eau. Henri Pillonel. Estavayer-le-Lac : Henri Pillonel, 2000. 215 p.

Sites internet

Site SIG :

<http://www.mieuxvivre.sig.ch/professionnels/electricite/connaitre-l-electricite/les-nouvelles-energies-electriques/l-energie-hydraulique/index.lbl>

Site, très complet, du moulin de la Mousquère :

<http://pagesperso-orange.fr/moulinde lamousquere/pages/sommaire.htm>

Site des petites Centrales hydrauliques en Suisse :

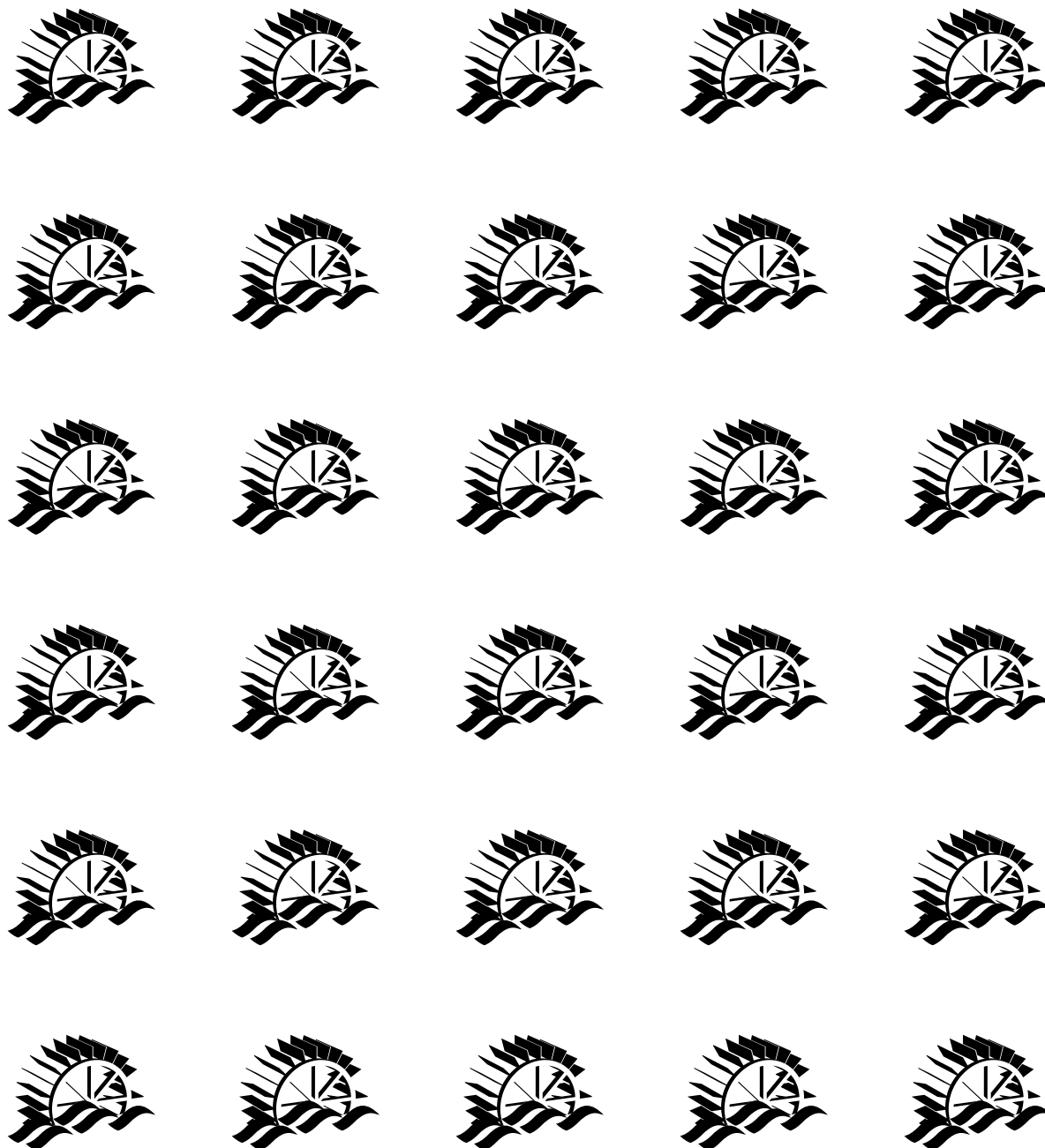
<http://www.petitehydraulique.ch>

Multimédia

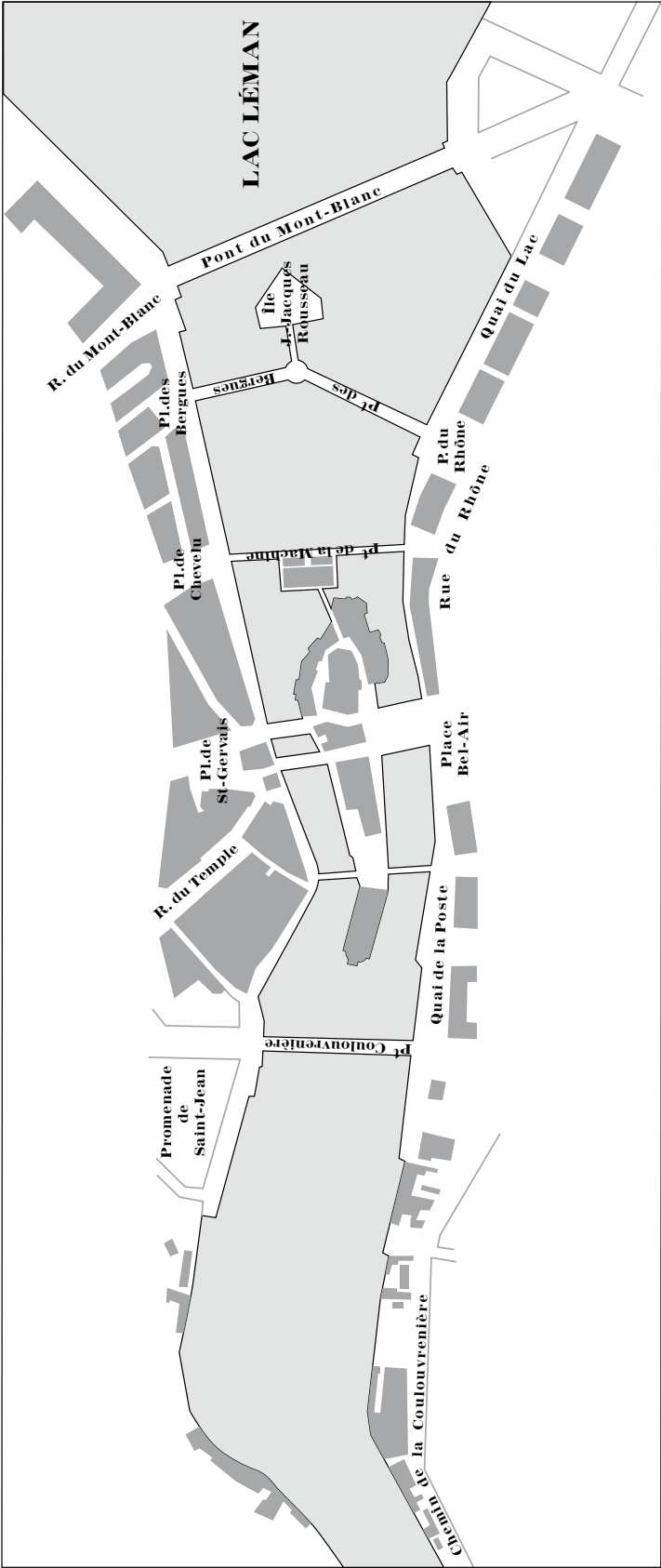
Les musées des techniques et cultures comtoises, CD-ROM: « Engrenages et manivelles »

ANNEXES

1. Roues de moulin à découper



2. Plan simplifié de Genève autour du Rhône



3. Tableau



©Musée d'Art et d'Histoire, Ville de Genève, inv. N° 1979-82
Robert Gardelle (1682-1766)
Vue de Genève prise depuis St-Jean
Huile sur toile
Dim.: haut. 59.7 x larg. 142.2 cm
Photo: Yves Siza

musée d'histoire
des sciences