



Encyclopédie des instruments de l'enseignement de la physique du XVIII^e au milieu du XX^e siècle

sous la direction de Francis Gires





Encyclopédie des instruments de l'enseignement de la physique du XVIII^e au milieu du XX^e siècle

Sous la direction de **Francis Gires**,
Président de l'ASEISTE

Expert du ministère de la Culture et de la Communication
pour la protection de instruments scientifiques et techniques

Chargé par le ministère de l'Éducation nationale de la mission de sauvegarde
du patrimoine scientifique des lycées et collèges

Lauréat 2008 de l'Institut de France

En hommage à **Georges Charpak** (1924-2010),
Membre de l'Académie des sciences
Prix Nobel de Physique 1992
Membre d'honneur de l'ASEISTE

ASEISTE - Niort, 2016

Association de Sauvegarde et d'Étude des Instruments Scientifiques et Techniques de l'Enseignement

<http://www.aseiste.org>

Siège social : Musée Bernard d'Agesci – 26-28 avenue de Limoges – 79000 Niort



APPAREIL POUR DÉMONTRER LES PROPRIÉTÉS DE LA CYCLOÏDE

Lycée Alain-Fournier – (18) Bourges

Loi ou phénomène 📖 La cycloïde est une courbe brachistochrone : c'est la courbe de descente la plus rapide pour aller d'un point à un autre. La cycloïde est une courbe tautochrone : la durée du mouvement d'un mobile soumis à son poids et dont la trajectoire suit cette courbe, est la même pour atteindre le point le plus bas quel que soit son point de départ.

Description 📖 Il s'agit de trois rigoles inclinées, creusées côte à côte dans un même support en équerre (abc). La rigole (d) est rectiligne, la seconde (e) est un arc de cercle sous-tendu par la ligne (d) et la troisième (f) est une cycloïde de même hauteur que l'arc (e). Les surfaces des rigoles ont été préparées à l'identique. L'appareil du XVIII^e siècle, de très belle facture avec des vernis Martin rouge et noir et des feuillages réalisés à la feuille d'or, faisait partie du prestigieux cabinet de Sigaud de La Fond, fabricant d'instruments et pédagogue de la physique expérimentale.

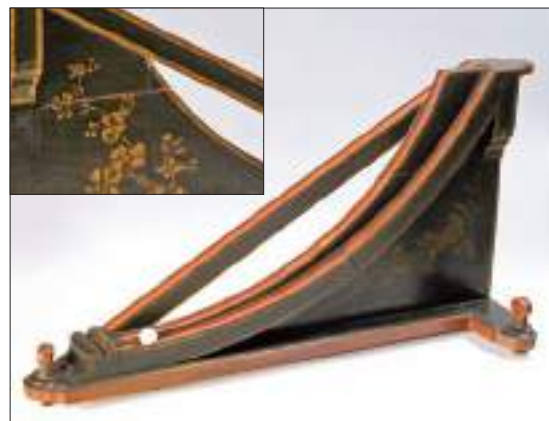
Expérience 📖 **Courbe brachistochrone**

On place deux billes, l'une au sommet de la rigole (f) et l'autre au sommet d'une des deux autres rigoles. On les abandonne simultanément toutes les deux. On constate alors que la bille décrivant la cycloïde arrive la première au bas de la courbe. La cycloïde est donc la courbe de descente la plus rapide des trois et on démontre mathématiquement qu'aucune courbe ne permet une descente plus rapide.

Courbe tautochrone

On place deux billes, l'une au sommet de la cycloïde (f) et l'autre en un point quelconque de cette courbe et on les lâche en même temps.

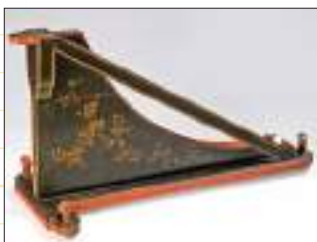
On constate alors qu'elles se rejoignent en arrivant au bas de la rigole. Pour montrer de façon plus précise cette tautochronie, il faut utiliser un appareil comprenant deux gouttières cycloïdales comme celui du musée de l'hôtel Gouin de Tours. On place un obstacle au point le plus bas dans chaque gouttière. On lâche simultanément les deux billes et l'on n'entend qu'un seul son lorsqu'elles heurtent les obstacles.



H: 44 - L: 81 - I: 33,5
Constructeur: non signé

Remarques 📖 Huygens a démontré la tautochronie de la cycloïde et voulu même l'utiliser pour mettre au point une horloge permettant de déterminer la longitude en mer. Il utilisait un pendule de trajectoire cycloïdale donc de période indépendante de l'amplitude d'oscillation que les vagues rendent changeante.

La recherche de la courbe de descente la plus rapide, sujet de concours proposé par Jean Bernoulli aux mathématiciens européens en 1696, a abouti à l'invention du calcul différentiel et du calcul intégral.



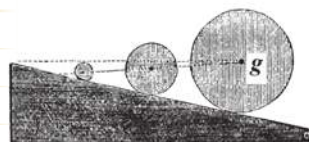
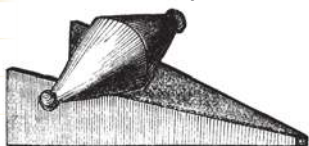
DOUBLE CÔNE de NOLLET

(A) *Lycée Guez-de-Balzac* – (16) Angoulême et (B) *Lycée Alain-Fournier* – (18) Bourges

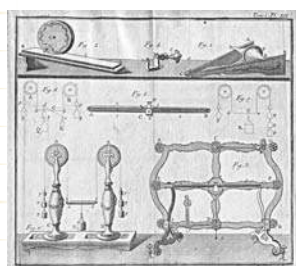
Loi ou phénomène ☞ La stabilité d'un corps correspond à la position la plus basse de son centre de gravité.

Description ☞ Cet appareil est constitué d'un solide en forme de bicône et d'un ensemble de deux planchettes verticales, identiques, formant un angle aigu entre elles. Les bords supérieurs des planchettes constituent une sorte de plan incliné.

Expérience ☞ On pose le bicône sur la partie inférieure du plan incliné. On constate qu'il « remonte » le plan incliné en tournant et suit ainsi, un mouvement en apparence contraire à celui des corps pesants. On mesure les altitudes du centre de gravité (g) du bicône au cours de son mouvement. On constate alors qu'elles décroissent et on en conclut que le centre de gravité descend. La loi du mouvement des corps pesants est donc bien validée. C'est la forme du bicône et l'écartement angulaire des planchettes qui permettent au centre de gravité du bicône de descendre.



(A) L: 37 cm - D: 13 cm (bicône)
H: 10 - L: 48 (plan incliné)
Constructeur: non signé



(B) L: 28 cm - D: 15 cm (bicône)
H: 9,5 - L: 200 (plan incliné)
Constructeur: non signé

Remarque ☞ Il s'agit de l'une des nombreuses expériences de physique décrite pour la première fois en France dans les ouvrages de l'abbé Jean Nolle (1700-1770), sans conteste l'un des plus grands vulgarisateurs scientifiques européens du XVIII^e siècle. Voltaire disait de lui :

C'est un philosophe, c'est un homme d'un vrai mérite qui seul peut me fournir mon cabinet de physique et il est beaucoup plus aisé de trouver de l'argent qu'un homme comme lui.

Classé au titre des MH, par arrêté du 25 juin 1990

PESANTEUR – MÉCANIQUE – MESURES


Récréatif

Classé au titre des MH, par arrêté du 25 juin 1990


DYNAMOMÈTRE ELLIPTIQUE de RÉGNIER

Lycée Alain-Fournier – (18) Bourges

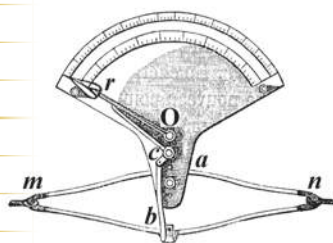
Fonction  Mesurer la valeur d'une force.

Description  Il s'agit d'un ressort ovale (manb) en acier dont les parties (a) et (b) se rapprochent, quand on tire sur les extrémités (m) et (n) en sens contraire et dans la direction (mn). L'extrémité (r) d'une aiguille, en rotation autour de l'axe (O) se déplace devant deux séries de graduations tracées sur un secteur fixe en (a). Cette aiguille est poussée par un levier coudé (c), sur lequel agit le repoussoir (bc) articulé en (c). Les graduations du haut correspondent au tirage et celles du bas à la pression exercée dans la direction (ab) (gravure du bas). Elles s'établissent par étalonnage au moyen de masses marquées – anciennement « poids ».

L'échelle du haut est subdivisée en deux axes gradués, l'un en myriade et l'autre en livres ; une valeur en myriades est convertie en livres en la multipliant par 20. L'échelle du bas est graduée en kilogrammes. Sur ce secteur, sont également inscrits la valeur moyenne d'une force exercée par des reins – environ 250 livres en tirage – et l'intervalle de la valeur d'une force exercée par des mains – entre 50 et 60 kilogrammes en pression. Cet appareil et ses accessoires sont conservés dans une boîte et protégés par du tissu.

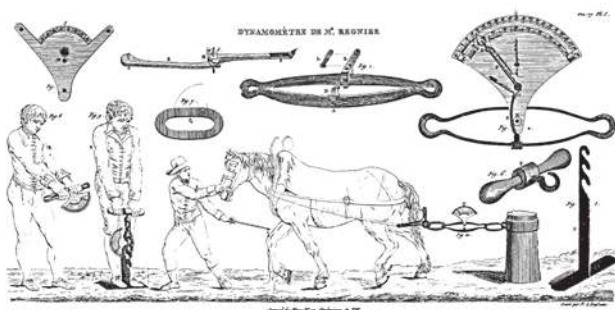
Mode opératoire  On tire suivant la direction (mn) ou on presse suivant la direction (ab), selon ce que l'on veut mesurer. Des accessoires (gravure du bas) permettent d'utiliser le dynamomètre dans différentes situations. Lorsque l'effort est appliqué et que l'aiguille est stabilisée en face d'une graduation, on lit directement la valeur de la force dans l'unité désirée.


Par exemple, il a été montré que l'effort musculaire des deux mains est en moyenne de 50 kg pour un homme et de 33 kg pour une femme, que l'effort moyen d'un homme soulevant un fardeau est de 130 kg, qu'un cheval développe une force de traction de 300 kg et un homme le septième environ de cette quantité.



Classé au titre des MH par arrêté du 21 août 2012

H: 10 - L: 39 - l: 30,3 (coffret)
H': 23 - L': 32,5 - l': 5,5 (dynamomètre)
Constructeur: non signé




Remarque  L'anthropologue Broca a contesté l'exactitude de cette désignation de dynamomètre de Régnier, « parce que Régnier (1751-1825) a fait construire plusieurs espèces de dynamomètres, dont quelques-uns sont fondés sur la résistance des ressorts à boudin ; le dynamomètre elliptique aurait été construit par un élève de Régnier, appelé Harneiter ».


VIS d'ARCHIMÈDE

(A) *Lycée Hoche* – (78) Versailles et (B) *Lycée Alain-Fournier* – (18) Bourges

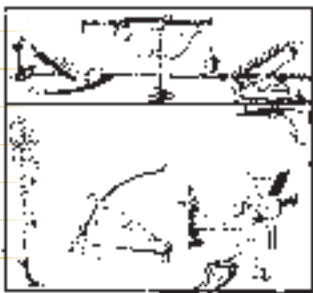
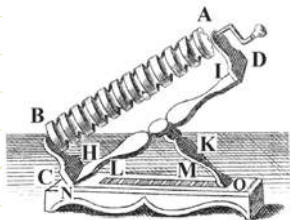
Fonction  Élever une bille d'une certaine hauteur.

Description  Sigaud de La Fond, *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*, T1, p. 269-270, Paris, 1784 :

A est encore un cylindre sur la longueur duquel on a enveloppé un plan étroit et flexible (AB), garni d'un petit rebord. Les révolutions de ce plan imitent les hélices du tube (fig. 4.); c'est encore une vis d'Archimède, mais dont les hélices sont à jour. Le cylindre se meut sur deux pivots qui roulent entre deux poutres (CD), élevées verticalement sur la tablette (HI). Cette tablette, attachée par une charnière à une seconde (NO), s'incline plus ou moins à l'horizon et se tient dans le degré d'inclinaison qu'on lui donne, par le moyen d'un valet (K) qui s'appuie sur les dents d'une crémaillère (LM).

Mode opératoire  On introduit, sur l'un des pas inférieurs de cette vis, une bille de métal dont le diamètre doit être plus petit que la hauteur de ce pas ; on fait tourner la vis sur son axe, et on voit la bille passer d'hélices en hélices et s'élever jusqu'au haut du cylindre.


Lorsqu'on examine avec attention la position successive des hélices, on voit qu'elles forment autant de petits plans inclinés, sur lesquels la bille roule continuellement. Rien de plus ingénieux que cette machine, mais rien de plus borné que le service qu'on peut en attendre. On ne peut, par son moyen, porter l'eau à une grande hauteur. Il faudrait pour cela donner une très grande longueur au cylindre sur lequel la vis se roule. Il serait alors prodigieusement chargé; il se courberait sous le poids du fardeau et serait bientôt hors de service. En second lieu, cette vis, lorsqu'elle est simple, ne dégorge que pendant un quart de sa révolution, et conséquemment on perd les trois-quarts du temps, pendant on la fait agir. Si on la fait double, on gagne à la vérité; mais il y a toujours la moitié du temps perdu. Ceux qui voudront s'instruire plus particulièrement sur la théorie de cette ingénieuse machine, trouveront de quoi se satisfaire à cet égard dans un ouvrage de M. Paucton, intitulé *Théorie de la vis d'Archimède*; ils verront même avec plaisir l'idée ingénieuse avec laquelle l'auteur a voulu décomposer cette machine pour en expliquer plus facilement les effets.



(A) H: 46 - L: 47 - I: 15
Collection du marquis de Sérent, 1804
Constructeur: non signé



(B) H: 48 - L: 46 - I: 16
Constructeur: non signé

Remarque  La vis d'Archimède telle qu'on peut l'employer dans les travaux hydrauliques, est bien une véritable vis, c'est-à-dire un plan enroulé en spirale autour d'un noyau central, et enfermé dans un cylindre. Ce mécanisme est utilisé pour monter l'eau uniquement de quelques mètres (cf. p. 328).

ARROSOIR MAGIQUE

Lycée Hoche – (78) Versailles

Fonction ☞ Transporter de l'eau dans un récipient dont le fond est percé d'une multitude de trous et servir d'arrosoir quand on le désire.

Description ☞ Sigaud de la Fond, *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*, T2, p. 65-66, Paris, 1784 :
A (Pl. VI, fig. 2) est un vaisseau cylindrique de métal dont le fond B est percé d'une multitude de très-petits trous. Il est surmonté d'un tube ouvert P.

Mode opératoire ☞ On plonge le récipient dans un liquide, de l'eau, par exemple. Le liquide s'y élève par le mécanisme des vases communicants et l'air s'échappe pendant ce temps par l'orifice supérieur (P). Lorsque le récipient est rempli, on ferme l'orifice du haut avec le pouce et on enlève le récipient sans que le liquide s'écoule. Lorsque l'on veut que le liquide s'écoule par la multitude de petits trous, on débouche l'orifice supérieur.



Fig. 2.



H: 20,5 - D: 7
 Constructeur: non signé

Remarque ☞ Musée Lambinet, dépôt du lycée Hoche de Versailles. © Ville de Versailles, musée Lambinet. Pluviomètre, tôle peinte, XVIII^e siècle. Inv. D 90.2.2.1-2.



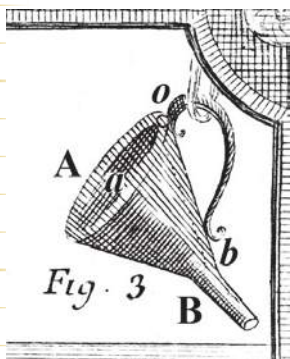
ENTONNOIR MAGIQUE

Lycée Hoche – (78) Versailles

Loi ou phénomène 📖 Effet de la pression atmosphérique sur un liquide.

Description 📖 Sigaud de la Fond, *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*, T2, p. 66-67, Paris, 1784 :
AB (Pl. VI, fig. 3) est un entonnoir ordinaire de fer-blanc, dans lequel on en renferme un second a, qui laisse un espace vide entre deux et suffisamment grand pour contenir un verre d'eau ; la queue est commune à ces deux entonnoirs. On remarque en b vers l'origine de cette queue, une ouverture qui pénètre dans l'espace intermédiaire. On en remarque un semblable en o, sur le bord de l'instrument et à côté de l'anse par laquelle on le tient. Celle-ci communique encore dans le même espace intermédiaire.

Expérience 📖 *Si on bouche l'orifice inférieur de la queue et qu'on remplisse d'une liqueur quelconque l'entonnoir a, la liqueur passant par l'orifice b, s'élèvera en même temps dans l'espace intermédiaire, tandis que l'air qui remplit cet espace s'échappera par l'orifice o. Lorsque le tout sera rempli, si on bouche avec le pouce le petit trou o et qu'on débouche la queue, la liqueur comprise dans l'entonnoir a s'écoulera et l'espace intermédiaire demeurera rempli jusqu'à ce qu'on débouche l'orifice o. On pourra suspendre à volonté cet écoulement et donner à cette expérience tout le merveilleux qu'on voudra.*



H: 15 - D: 10,5
Constructeur: non signé




Remarque 📖 Musée Lambinet, dépôt du lycée Hoche de Versailles. © Ville de Versailles, musée Lambinet. Pluviomètre, tôle peinte, XVIII^e siècle. Inv. D 90.2.2.1-2.




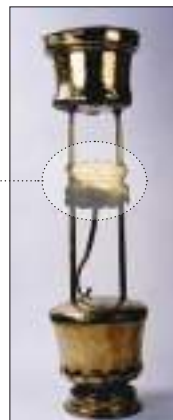
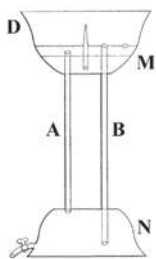
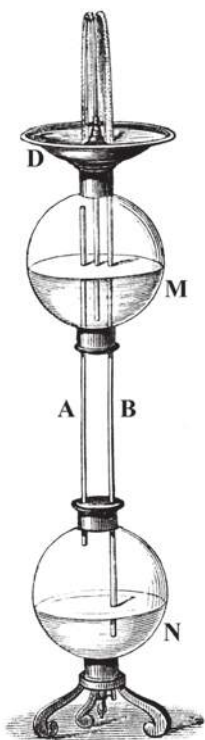
FONTAINE de HÉRON

(A) *Lycée Guez-de-Balzac* – (16) Angoulême et (B) *Lycée Raymond-Poincaré* – (55) Bar-le-Duc

Loi ou phénomène  Action de l'air comprimé sur un liquide.

Description  Cet appareil se compose de deux réservoirs de verre (M) et (N) reliés entre eux par deux tubes droits en laiton (A) et (B). Le réservoir supérieur est surmonté d'une cuvette en laiton (D) et l'ensemble repose sur un trépied. Le long tube (B) relie la partie inférieure du ballon (N) à la cuvette. Quant au tube (A), il fait communiquer les deux ballons. Enfin, un troisième tube plus court traverse le fond de la cuvette par son centre et aboutit à la partie inférieure du ballon (M). Ce dernier tube peut s'enlever à volonté.

Expérience  Le tube central est retiré afin d'introduire une certaine quantité d'eau dans le ballon (M). Il est ensuite replacé et de l'eau est versée dans la cuvette. Le liquide descend le long du tube (B), jusqu'au ballon inférieur et en chasse l'air. Cet air s'accumule alors dans le ballon supérieur. Ainsi comprimé, il agit sur l'eau contenue dans le ballon (M) et la fait jaillir par le tube central muni d'un ajutage qui accroît la hauteur du jet. L'eau retombe dans la cuvette, s'écoule par le tube (B) et l'expérience peut se poursuivre jusqu'à ce que le ballon du bas se remplisse et celui du haut se vide. La hauteur du jet par rapport à la surface de l'eau située en (M), devrait être égale à la différence des niveaux dans les deux ballons. Cependant, à cause de la résistance de l'air sur le jet d'eau et des frottements de l'eau contre les parois des tubes, la hauteur atteinte est notablement moindre.



(B) Dimensions non renseignées
Constructeur : non signé



(A) H: 115 - D: 30
Constructeur : non signé

Remarques  On attribue l'invention de cette fontaine à Héron d'Alexandrie qui vécut au II^e siècle avant notre ère.

Cet appareil permet de réaliser une expérience contre-intuitive, puisque l'eau jaillit à une hauteur supérieure à celle de la surface dans le vase (A), ce qui rend cette expérience surprenante.

Classé au titre des MH par arrêté du 2 juillet 2014



PYROMÈTRE À CADRAN d'ARSANDAUX

Collège Gambetta – (46) Cahors

Loi ou phénomène ☞ Une tige métallique se dilate linéairement – c'est-à-dire s'allonge – quand sa température s'élève, ce phénomène étant réversible sur l'échelle de température parcourue. L'augmentation de la longueur de la tige par dilatation dépend du matériau utilisé.

Description ☞ Cet appareil se compose d'une tige métallique, d'un levier, d'une aiguille et d'un cadran, ainsi que d'un réservoir à alcool.

La tige est fixée à l'une de ses extrémités par une vis tandis que son autre extrémité est laissée libre. Cette dernière s'appuie contre la petite branche du levier coudé mobile qui entraîne l'aiguille devant le cadran gradué. En général, le cadran est vertical, visible par un large auditoire. Cependant, le cadran de cet appareil-ci est horizontal, conservé dans une boîte octogonale en verre montée sur une courte colonne en verre.

Au-dessous de la tige se trouve le réservoir à alcool comportant quatre mèches.

Le réservoir à alcool et la base de la colonne sont fixés à un socle en bois muni d'un tiroir dans lequel sont rangées des tiges de différents métaux.

Expérience ☞ On fixe l'une des tiges métalliques, l'aiguille du cadran étant sur le zéro. On verse de l'alcool dans le réservoir et on enflamme les quatre mèches.

Au fur et à mesure que la tige s'échauffe, on observe que l'aiguille est entraînée. On en conclut que la tige se dilate dans le sens de sa longueur. Il est alors possible d'effectuer des mesures d'allongement en fonction du temps.

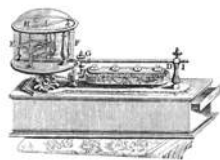
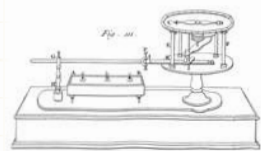
On arrête le chauffage. On observe alors que l'aiguille parcourt petit à petit le cadran en sens inverse jusqu'à retrouver sa position initiale. On en conclut que la dilatation de la tige est un phénomène réversible, du moins tant que la température reste inférieure à une limite non atteinte ici.

Cette expérience est reproduite avec d'autres tiges métalliques. Les mesures effectuées montrent que les métaux réagissent différemment à la chaleur.



H: 21 - L: 35 - I: 10
Constructeur: ARSANDAUX

Inscrit au titre des MH par arrêté du 7 octobre 2011



Remarques ☞ Arsandaux a construit ce pyromètre à cadran de son invention vers 1800. Le musée des Arts et Métiers possède deux instruments entrés au musée avant 1814. Le lycée Alain-Fournier de Bourges en possède un avec cadran vertical signé aussi Arsandaux et dont on retrouve la gravure dans l'ouvrage de Sigaud de La Fond, *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* (tome 2 planche XVI).

Cet appareil est complémentaire à l'anneau de Gravesande (cf. p. 492) qui montre la dilatation cubique.





(A) H: 28,4 - L: 36 - L: 14,7
Constructeur: CANIVET

Jacques Canivet, goniomètre – Métal, 2^e moitié du XVIII^e siècle
Dépôt du lycée Henri-Poincaré de Nancy au Musée lorrain de
Nancy Inv. D.III924B – © Musée lorrain, Nancy



(B) H: 18 - L: 24 - L: 12
Constructeur: RICHER
N° UCO: 1097-PHY

Remarque 📖 Dans la levée des plans, on préférerait utiliser un graphomètre à lunette (cf. p. 683). En effet, dans ce cas, les objets observés étaient souvent éloignés les uns des autres et le graphomètre à lunette facilitait l'obtention de l'inclinaison voulue avec une grande exactitude.

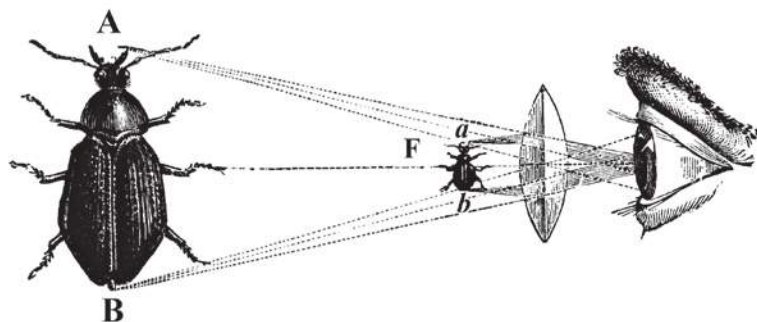
LOUPE

Lycée Alain-Fournier – (18) Bourges

Fonction 📖 Donner une image droite virtuelle agrandie d'un objet de quelques millimètres de long, ce qui permet de mieux en distinguer les détails qui échapperaient à l'œil nu.

Description 📖 Il s'agit d'une lentille convergente de faible distance focale. Elle est montée dans un cadre en bois ou un anneau métallique muni d'un manche en bois. Dans le cas de l'appareil conservé au lycée Alain-Fournier, ce cadre est richement décoré et le manche est ouvragé.

Mode opératoire 📖 Tout d'abord, on place la loupe assez près de l'œil. Puis, on rapproche la lentille de l'objet qui reste en deçà du foyer principal (F), jusqu'à la mise au point. La distance entre l'image et l'œil est alors sensiblement égale à la distance minimale de vision distincte. L'image est au-delà du foyer (F); elle est droite et agrandie car la distance (AB) est bien plus grande que la distance (ab).



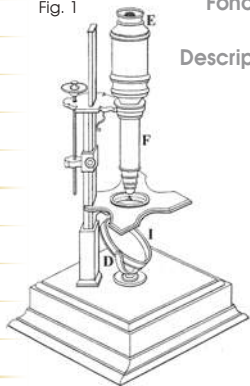
L: 20 - D: 8
Constructeur: non signé

Remarque 📖 La loupe paraît avoir été connue des Anciens. Sénèque dit formellement que « des lettres, aussi petites et obscures qu'elles soient, paraissent plus grandes et plus distinctes quand on les regarde à travers une boule de verre remplie d'eau ».

MICROSCOPE de MAGNY

École polytechnique – (91) Palaiseau

Fig. 1



Fonction 📖 Observer des objets invisibles à l'œil nu.

Description 📖 Il s'agit d'un microscope composé (cf. p. 710) à trois lentilles, une pour l'objectif et deux pour l'oculaire (E).

La platine est équipée d'une vis micrométrique qui permet un déplacement précis des préparations. La vis est munie d'un cadran gradué de 0 à 100, devant lequel se meut une aiguille.

Sous la platine évidée, se trouve un miroir (I) orientable grâce aux pivots (D).

Cet appareil est richement décoré. La platine repose sur quatre pieds finement ciselés en bronze doré dont les bases sont fixées à un support. Il est conservé dans une boîte en verre et en bois à tiroirs.

Mode opératoire 📖 On dispose l'objet sur une lame en verre fixée sur le porte-objet de sorte qu'il soit éclairé par la lumière réfléchi par le miroir (I). On règle l'orientation du miroir de façon à ce que l'objet reçoive le maximum de lumière.

À l'aide du bouton de commande, on réalise la mise au point sur l'objet. On voit l'image (a'b') de l'objet, droite et agrandie. Cette image est virtuelle car en deçà du foyer (F"). En effet, l'objectif (M, figure 2) donne de l'objet (AB) une image (ab) réelle, agrandie et renversée. Ensuite, l'oculaire (N) donne une image (a'b') virtuelle, renversée et encore plus agrandie de l'objet observé.



H: 60 - L: 28 - I: 19
Constructeur: MAGNY

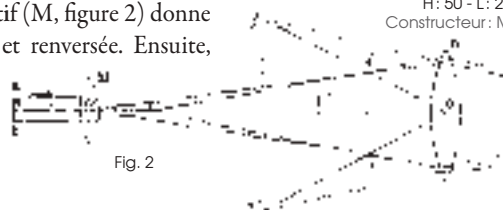


Fig. 2

Remarques 📖 Microscope attribué à Magny, opticien du Roi entre 1751 et 1754, pour le Roi Louis XV, selon les projets et les études du Duc de Chaulnes, membre de l'Académie des sciences, muni du micromètre à pointes imaginé par de Chaulnes. La réalisation est due à Claude-Siméon Passemant pour les lentilles et André Maingaut pour le micromètre.

En juin 1751, Magny présenta un mémoire à l'Académie des sciences sur le microscope du roi de Pologne (cf. p. 714) qui avait la particularité d'avoir une potence inclinable. Il était l'inventeur de ce dispositif qui permettait l'observation par une personne assise.

Ce microscope provient des collections de l'Académie royale des sciences interdite en 1793.

Cote F3 69.



Classé au titre des MH par arrêté du 3 mars 2003

MICROSCOPE de MAGNY

Lycée Henri-Poincaré – (54) Nancy

Fonction 📖 Observer des objets invisibles à l'œil nu.

Description 📖 Il s'agit d'un microscope composé (cf. p. 710) à trois lentilles, une pour l'objectif et deux pour l'oculaire. La platine est équipée d'une vis micrométrique qui permet un déplacement précis des préparations. La vis est munie d'un cadran gradué de 0 à 100, devant lequel se meut une aiguille. Sa potence est inclinable, ce qui permet l'observation par une personne assise. Cet appareil est richement décoré. La platine repose sur quatre pieds finement ciselés en bronze doré dont les bases sont fixées à un support.

Mode opératoire 📖 On dispose l'objet sur une lame en verre fixée sur le porte-objet de sorte qu'il soit éclairé par la lumière réfléchi par le miroir (I). On règle l'orientation du miroir de façon à ce que l'objet reçoive le maximum de lumière.

À l'aide du bouton de commande, on réalise la mise au point sur l'objet.

On voit l'image (a'b') de l'objet, droite et agrandie. Cette image est virtuelle car en deçà du foyer (F").

En effet, l'objectif (M, figure 2) donne de l'objet (AB) une image (ab) réelle, agrandie et renversée. Ensuite, l'oculaire (N) donne une image (a'b') virtuelle, renversée et encore plus agrandie de l'objet observé.

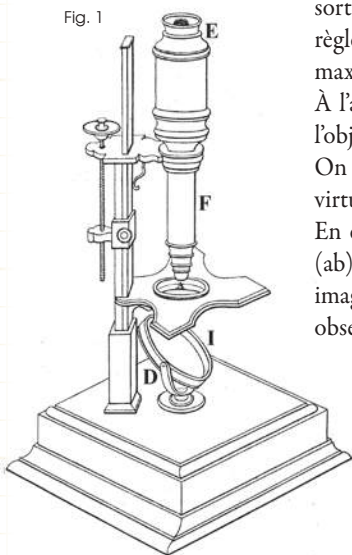


Fig. 2



H: 42 - L: 24,5
Constructeur: MAGNY

Remarques 📖 Alexandre Magny, microscope offert par Louis XV à Stanislas – Bronze doré, tube optique de carton recouvert de galuchat, miroir, verre, cadrans en émail, 1751 – Dépôt du lycée Poincaré de Nancy au Musée lorrain de Nancy – Inv. D.III.924.A – ©Musée lorrain, Nancy / photo. P. Mignot

Il est probable que Stanislas Leszczyński, roi déchu de Pologne, ait lui-même commandé ce microscope et non pas Louis XV comme cela est souvent mentionné. En effet, aucune trace de ce don n'a été retrouvée dans la correspondance entre Louis XV et son beau-père, ni dans la Gazette de France qui décrivait les dons du roi.

Microscope réalisé par Magny, opticien du Roi entre 1751 et 1754, selon les projets et les études du duc de Chaulnes, membre de l'Académie des sciences, muni du micromètre à pointes imaginé par de Chaulnes. La réalisation est probablement due aussi à Magny pour les lentilles et à l'atelier de Jacques Caffieri pour le socle en bronze doré.

En juin 1751, Magny présenta un mémoire à l'Académie des sciences sur le microscope du roi de Pologne.

MIROIR CONIQUE

Lycée Hoche – (78) Versailles

Loi ou phénomène ☞ Anamorphoses obtenues par réflexion sur un miroir conique de hauteur assez grande par rapport au rayon de sa base.

Description ☞ Il s'agit d'un cône de verre à surface étamée.

Expérience ☞ On dispose le miroir conique au centre d'un dessin déformé d'insecte. En regardant vers le sommet du cône, on voit le dessin non déformé.

Ce phénomène s'explique par le fait que les images produites par réflexion dans les miroirs coniques sont déformées dans le sens des circonférences. En outre, comme le degré de courbure change de la base au sommet, il en résulte dans les dimensions un rétrécissement d'autant plus considérable qu'on approche du sommet. La réflexion des rayons lumineux s'opère toujours suivant les lois rigoureuses de l'optique. Ainsi a-t-on pu construire des dessins bizarres et difformes où l'œil n'aperçoit plus aucune figure mais dont les images par réflexion sur des miroirs coniques sont une représentation fidèle d'objets connus. On donne le nom d'*anamorphoses* à ce renversement de formes.



H: 10 - D: 9
Collection du marquis de SÉRENT



Remarque ☞ Un miroir cylindrique (cf. p. 719) permet également d'obtenir des anamorphoses.

MIROIRS À ANGLE DROIT

Lycée Alain-Fournier – (18) Bourges

Fonction 🖱️ Obtenir des images multiples par réflexion sur deux miroirs.

Description 🖱️ Il s'agit de deux miroirs plans formant un angle droit. Ces miroirs sont disposés dans une boîte en bois délicatement décorée à la feuille d'or.

Mode opératoire 🖱️ Les miroirs sont placés de telle sorte que leur droite d'intersection est verticale.
D'un objet (O), l'œil placé en (E) observe trois images (O), (O') et (O'').
On se place face aux miroirs. Si on cligne l'œil droit, il semble que l'on a cligné l'œil gauche.
En outre, si l'angle entre les deux miroirs est de quelques degrés moindre que 90° , l'image de celui qui s'y regarde a trois yeux, deux nez et deux bouches.



Classé au titre des MH par arrêté du 21 août 2012

H: 22,7 - L: 22,7 - L: 11
Constructeur: non signé

Remarque 🖱️ Ces expériences d'optique faisaient partie des spectacles de « sciences amusantes » qui étaient fort prisées au XVIII^e siècle.

ŒIL ARTIFICIEL

Lycée Alain-Fournier – (18) Bourges

Loi ou phénomène Fonctionnement d'un œil, en particulier le phénomène d'accommodation. Effets des lentilles pour rendre la vision nette après simulation de défauts.

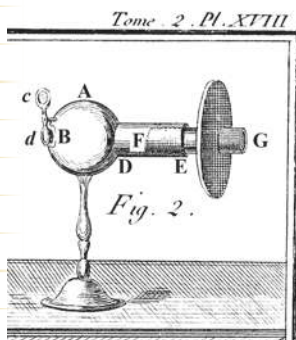
Description Cet appareil est composé d'une chambre noire globulaire (A), d'un tube (FG), d'une lentille convergente (B) et d'un système (cd) de lentilles.

La chambre (A), de forme sphérique, en laiton, est percée de deux trous diamétralement opposés.

Le tube (FG) est terminé par un verre dépoli (F) qui modélise la rétine. Ce tube peut coulisser dans le tube (ED), ce qui permet de faire varier la distance entre (F) et la lentille convergente (B) qui modélise le cristallin.

Le système (cd) en forme de lunettes, porte une lentille convergente (c) et une lentille divergente (d); il pivote sur un axe.

La chambre est montée sur une colonne métallique dont la base s'enchéasse dans un pied en bois.



H : 29,5 - L : 29 - D : 12
Constructeur : non signé

Expérience On vise un objet assez éloigné en plaçant son œil en (G).

On règle la distance (BF) afin de voir nettement son image.

On rapproche l'objet. L'image devient floue car les rayons lumineux ayant traversé la lentille convergente se rencontrent en arrière de (F). Sans bouger l'objet, on place alors une lentille convergente autre que (c) à une certaine distance devant (B) de sorte que l'image redevienne nette. Cette manipulation montre que notre cristallin doit être plus convergent lorsque l'on regarde un objet proche; c'est le phénomène d'accommodation. Cela est possible car la courbure du cristallin peut être modifiée par les muscles oculaires.

L'instrument peut simuler certains défauts de l'œil comme la myopie, l'hypermétropie et la presbytie. On retire la lentille convergente précédemment placée devant (B). On éloigne de nouveau l'objet, l'œil artificiel étant réglé pour une vision nette. On augmente la distance (BF) en tirant sur le tube coulissant. L'image devient floue car les rayons convergent avant de tomber sur le verre dépoli. On a alors modélisé le défaut de myopie. On place la lentille (d) devant la lentille (B) de l'œil artificiel comme lorsque l'on utilise des lunettes; l'image redevient nette. On en déduit que pour corriger une myopie, il faut porter des lentilles divergentes.

La lentille (d) est retirée et l'appareil est de nouveau réglé pour une vision nette. Cette fois-ci, on diminue la distance (BF) en rentrant le tube coulissant. De nouveau, l'image devient floue car cette fois-ci les rayons convergent en arrière du verre dépoli. C'est ce qui se passe dans l'hypermétropie et la presbytie. On place la lentille (c) devant la lentille (B) et on constate que l'image redevient nette. On en déduit que pour corriger l'hypermétropie ou la presbytie, il faut porter des lentilles convergentes.



Remarque La gravure provient du traité *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale* rédigé par Sigaud de La Fond au XVIII^e siècle.

Classé au titre des MH par arrêté du 21 août 2012

TÉLESCOPE de GREGORY

École polytechnique – (91) Palaiseau

Fonction ☞ Observer des objets éloignés dont on obtient des images droites.

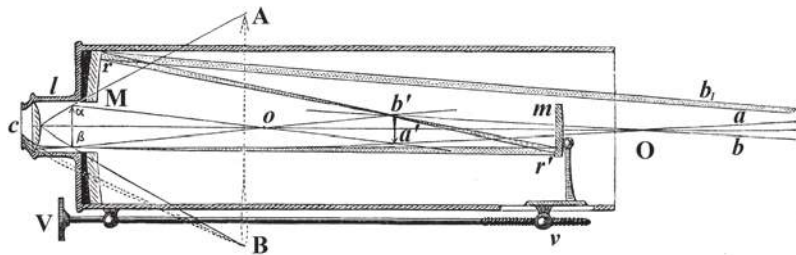
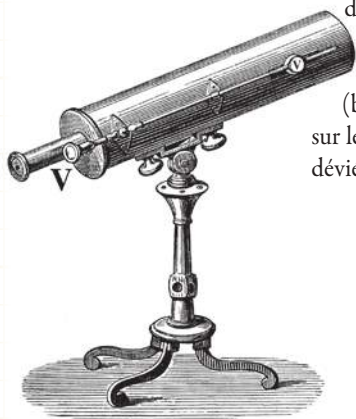
Description ☞ Cet appareil est constitué de deux miroirs (M) et (m) concaves et d'un tube oculaire.

Le miroir concave (M) est percé en son centre d'une ouverture à laquelle est ajusté le tube oculaire (l). La lentille oculaire est à fort grossissement. Au-delà de l'image focale réelle (a'b') est disposé le petit miroir sphérique concave (m). Une vis de rappel (Vv) permet de déplacer le miroir (m) grâce à une fente pratiquée dans le tuyau du télescope. L'ensemble est monté sur un trépied articulé et de hauteur réglable.

Un couvercle permet de protéger l'intérieur de l'appareil lorsqu'il n'est pas utilisé.

Mode opératoire ☞ Pour observer un objet éloigné, on réalise la mise au point en déplaçant le miroir (m) à l'aide de la vis de rappel (Vv).

On place son œil à la sortie de l'oculaire et on voit alors l'image (AB) droite et très agrandie. En effet, le rayon (b_1) provenant d'un objet très éloigné se réfléchit en (r) sur le miroir (M) puis en (r') sur le miroir (m). Enfin, il est dévié par l'oculaire.



Remarque ☞ Cote F3 47.



H: 54 - L: 83 - I: 25
Constructeur: non signé



AIMANT ARTIFICIEL ARMÉ À PLUSIEURS LAMES

Lycée Hoche – (78) Versailles

Fonction ☞ Soulever des objets contenant des substances magnétiques – fer notamment.

Description ☞ Sigaud de La Fond, *Description et usage d'un cabinet de physique expérimentale*, T2, p. 441, Paris 1784 :

Quelquefois on réunit plusieurs lames d'acier aimantées et bien dressées, et on leur donne une armure semblable à celle d'un aimant naturel, comme on peut l'observer (Pl. XXVII, fig. 7). Ceux-ci sont encore très généreux, surtout s'ils sont composés de deux rangs de lames disposées parallèlement entre elles, et séparées par une lame de cuivre ou de bois, le tout réuni dans la même armure.

L'armure est une lame de fer doux. Elle est sertie dans des pièces en laiton.

L'ensemble est suspendu par deux anneaux à un montant en bois. Au-dessus et en dessous de l'aimant se trouvent deux portiques finement ciselés. À celui du dessous est suspendu un crochet.

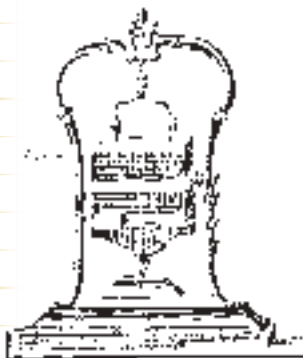
Mode opératoire ☞ Des « masses » marquées en fer sont successivement placées sous l'aimant et ne tombent pas grâce à la force magnétique qu'elles subissent de la part de l'aimant. À partir d'une certaine limite de masse, l'ensemble des « masses » marquées en fer se détache brusquement de l'aimant. On en conclut que la valeur du poids de cet ensemble est dès lors plus importante que celle de la force magnétique.

Ce même aimant est ensuite armé comme précisé dans la description. La dernière masse marquée précédemment utilisée est accrochée à la pièce de contact et elle ne s'en détache pas. On en déduit que les armures ont fait augmenter la force magnétique de l'ensemble. On poursuit l'expérience en augmentant progressivement la valeur de la masse de l'objet accroché, jusqu'à ce que le contact se détache brusquement de l'aimant armé.

Remarques ☞ Le fait d'insérer des armures entre aimants, artificiels ou naturels, permet de mieux les conserver (cf. p. 804).

À la suite de ces expériences, les aimants furent caractérisés suivant la « force portative » qu'ils développaient. La force portative était définie à partir de la masse limite à laquelle la pièce de contact et l'objet se détachaient de l'aimant. Il a été montré que la valeur de cette force diminuait après le premier arrachement : par exemple, le grand aimant de Jamin présenté lors de l'Exposition universelle de 1867, pouvait porter 800 kg avant le premier arrachement puis seulement 500 kg.

Un aimant naturel armé et un faisceau magnétique ont les mêmes fonctions (cf. p. 797, p. 815, p. 816 et p. 817).



H : 80 - L : 48 - I : 18
Collection du Marquis de Sérent
Constructeur : non signé

Classé au titre des MH par arrêté du 8 juin 1994



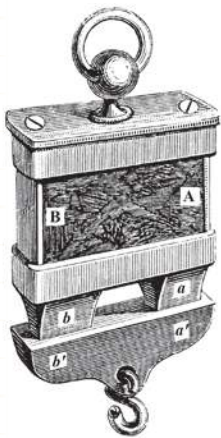
AIMANT NATUREL ARMÉ

École polytechnique – (91) Palaiseau

Fonction 📖 Soulever des objets contenant des substances magnétiques – fer notamment.

Description 📖 Il s'agit d'une pierre d'aimant. Sur ses deux faces polaires sont placées deux lames de fer doux (A, B) appelées « armures », serties par des pièces de laiton, et se prolongeant par les prismes (a, b). Par influence, ces lames sont aimantées et les prismes en deviennent les pôles. Une pièce de fer doux (a', b'), appelée « contact », est soutenue par la force de l'aimant. Un crochet peut lui avoir été ajouté. L'ensemble est suspendu par un anneau et un crochet, à un montant en bois. Les pièces en laiton sont richement décorées dans certains cas.

Mode opératoire 📖 Des « masses » marquées en fer sont successivement placées sous l'aimant et ne tombent pas grâce à la force magnétique qu'elles subissent de la part de l'aimant. À partir d'une certaine limite de masse, l'ensemble des « masses » marquées en fer se détache brusquement de l'aimant. On en conclut que la valeur du poids de cet ensemble est dès lors plus importante que celle de la force magnétique. Ce même aimant est ensuite armé comme précisé dans la description. La dernière masse marquée précédemment utilisée est accrochée à la pièce de contact et elle ne s'en détache pas. On en déduit que les armures ont fait augmenter la force magnétique de l'ensemble. On poursuit l'expérience en augmentant progressivement la valeur de la masse de l'objet accroché, jusqu'à ce que le contact se détache brusquement de l'aimant armé.



H: 45 - L: 36 - I: 20
Constructeur: LE MAIRE LE FILS

Remarques 📖 Porte l'inscription: « P. le Maire, à Paris, 1722, à l'enseigne de la Pierre d'Aimant ». Provient des collections de l'Académie royale des Sciences et antérieurement du cabinet de Pajot d'Ons-en-Bray. Cette grande pierre d'aimant est tout à fait exceptionnelle et d'une grande rareté, tant par ses dimensions importantes que par son aspect richement décoré d'un rinceau de feuillage gravé.


À la suite de ces expériences, les aimants furent caractérisés suivant la « force portative » qu'ils développaient. La force portative était définie à partir de la masse limite à laquelle la pièce de contact et l'objet se détachaient de l'aimant. Il a été montré que la valeur de cette force diminuait après le premier arrachement : par exemple, le grand aimant de Jamin présenté lors de l'Exposition universelle de 1867, pouvait porter 800 kg avant le premier arrachement puis seulement 500 kg.

Un aimant artificiel armé (cf. p. 796) et un faisceau magnétique (cf. p. 815, p. 816 et p. 817) ont la même fonction.

Cote D4 57.

BOUSSELE ou COMPAS DE MARINE dit de L'ABBÉ NOLLET

École polytechnique – (91) Palaiseau

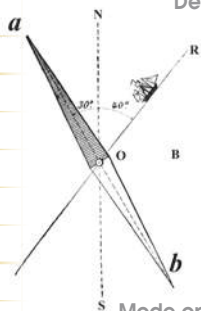
Fonction  Connaître ou déterminer une direction lors de la navigation en mer.


Description  Il s'agit d'une boussole déclinatoire (cf. p. 810).

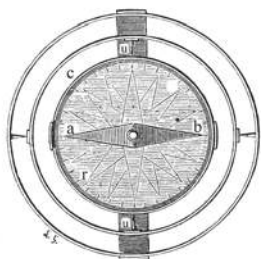
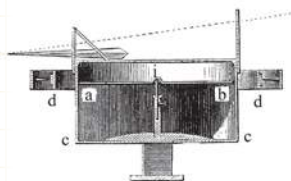
Une aiguille aimantée (ab) est posée sur la chape (i) d'un pivot vertical fixé au centre du fond d'une boîte cylindrique (cc). Celle-ci est lestée par une masse de plomb et suspendue à la Cardan ce qui lui permet de rester verticale malgré le roulis et le tangage du navire.

L'aiguille est assujettie sur un disque de mica qui est divisé en degrés. Une magnifique rose des vents y est tracée ; l'une de ses branches est terminée par une étoile et désignée par « N » pour marquer le méridien magnétique. Sur la boîte est marquée une ligne fixe (uu), « ligne de foi » dirigée suivant l'axe du navire.

L'ensemble est disposé dans une boîte dont le décor à la feuille d'or est recouvert de vernis Martin. Elle est pourvue de deux poignées finement ciselées.




Mode opératoire  Supposons que la route à suivre, de direction (OR) tracée sur la carte géographique, fait un angle de 40° à l'est avec la ligne nord-sud (NS). Supposons ensuite que la déclinaison du lieu est de 30° à l'ouest d'après la carte magnétique. Le gouvernail doit alors être manœuvré de façon que la direction nord de la ligne de foi fasse un angle de 70° avec l'extrémité nord (Oa) de l'aiguille.



H: 18 - L: 24 - I: 24
Constructeur: LE MAIRE LE FILS

Classé au titre des MH par arrêté du 3 mars 2003

Remarques  La déclinaison magnétique d'un lieu désigne l'angle entre le méridien magnétique et le méridien terrestre en un lieu et une date déterminés.

Le méridien magnétique d'un lieu est le plan vertical qui passe par ce lieu et par la direction du couple terrestre en ce lieu.

Le couple terrestre désigne les deux forces magnétiques terrestres qui agissent sur une aiguille aimantée par exemple.

Cote D4 14.



FAISCEAU MAGNÉTIQUE TYPE JAMIN

École polytechnique – (91) Palaiseau

Fonction 📖 Soulever des objets contenant des substances magnétiques – fer notamment).

Description 📖 Il s'agit d'un ensemble de lames d'acier trempées puis aimantées, réunies parallèlement par leurs pôles de même nom. Elles sont fortement recourbées et munies d'armures (cf. p. 797) en fer doux. Ces dernières sont séparées par une pièce en laiton et solidement vissées entre elles et avec les lames. Grâce à leur forme en fer à cheval, ces faisceaux magnétiques peuvent supporter des charges plus importantes que les faisceaux rectilignes (cf. p. 815) puisque leurs deux pôles sont alors utilisés en même temps. Une pièce de fer doux appelée « contact », est attachée à l'aimant par la force magnétique. Elle est munie d'un crochet auquel on peut disposer des objets comme des masses marquées ou un seau progressivement rempli afin d'augmenter la masse de la charge. L'ensemble est suspendu à un montant en bois.

Mode opératoire 📖 On accroche des charges de plus en plus lourdes au crochet jusqu'à ce que le contact – et la charge – se détache brusquement. Le grand aimant de Jamin présenté lors de l'Exposition universelle de 1867 pouvait porter 800 kg avant le premier arrachement puis 500 kg.



H: 60
Constructeur: BREGUET

Remarques 📖 Le montant en bois, vernis Martin rouge et noir avec feuillages réalisés à la feuille d'or, du XVIII^e siècle, n'est pas celui de ce faisceau magnétique type Jamin daté de la seconde partie du XIX^e siècle.

À la suite de ces expériences, les aimants furent caractérisés suivant la « force portative » qu'ils développaient. La force portative était définie à partir de la masse limite à laquelle la pièce de contact et l'objet se détachaient du faisceau magnétique. Il a été montré que la valeur de cette force diminuait après le premier arrachement : par exemple, le grand aimant de Jamin présenté lors de l'Exposition universelle de 1867, pouvait porter 800 kg avant le premier arrachement puis seulement 500 kg.


Un aimant artificiel ou naturel armé (cf. p. 796 et p. 797) a la même fonction mais a une « force portative » bien moindre.


Cote D4 3.

BATTERIE DE PISTOLETS de VOLTA

Collège Gambetta – (46) Cahors

Loi ou phénomène  Effet chimique des décharges électriques.

Description  Il s'agit d'un ensemble, ou « batterie », de six pistolets de Volta (cf. p. 930) placés sur un plateau circulaire monté sur une colonne en verre et pied en bois.

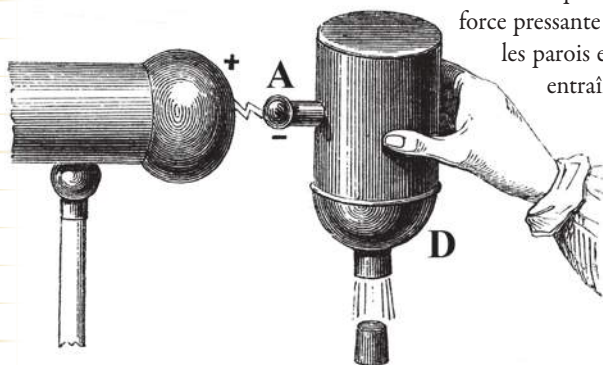
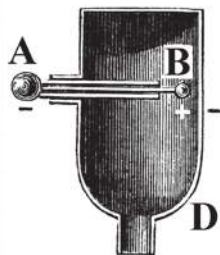
Expérience  On introduit dans les flacons un mélange détonant formé de deux volumes de dihydrogène et d'un volume de dioxygène, puis on les ferme hermétiquement avec le bouchon de liège. Tenant un des flacons à la main, on l'approche de la machine électrique. Il jaillit alors une étincelle entre la machine et la boule (A), et le bouchon de liège est brusquement projeté avec une détonation semblable à celle d'un coup de pistolet, d'où le nom de cet appareil.


Cette expérience s'explique par le fait qu'une étincelle électrique a jailli entre la boule (B) et la paroi du flacon dès lors que la tige (AB) a été électrisée. Or, en présence d'une étincelle électrique, le dihydrogène et le dioxygène réagissent violemment pour donner de l'eau selon l'équation de réaction : $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. La vapeur d'eau formée à température élevée exerce alors une force pressante de valeur très importante sur les parois et le bouchon du flacon. Ceci entraîne l'éjection du bouchon.



H: 41,8 - D: 23,8
Constructeur: non signé

Classé au titre des MH par arrêté du 7 octobre 2011



Remarques  La détonation est d'autant plus forte que le mélange initial est proche du mélange stœchiométrique 2:1 dihydrogène : dioxygène.

Devant le succès de cette expérience, plusieurs modèles de pistolets de Volta furent construits. Certains représentaient des chasseurs, d'autres des bateaux par exemple. Enfin, des modèles plus imposants, comme le canon de Volta (cf. p. 845), permirent de rendre cette expérience encore plus mémorable.

Il semblerait que l'inflammation d'une fuite de dihydrogène provoquée par une étincelle électrique soit la cause de la catastrophe du zeppelin « Hindenburg » dans le New Jersey en 1937.

BOUTEILLE DE LEYDE

Lycée Bertran-de-Born – (24) Périgueux

Fonction ☞ Accumuler séparément les deux sortes d'électricité – principe du condensateur.

Description ☞ Il s'agit d'une bouteille en verre mince dont l'extérieur a été recouvert d'étain (B) et qui est remplie de feuilles en étain ou en or.

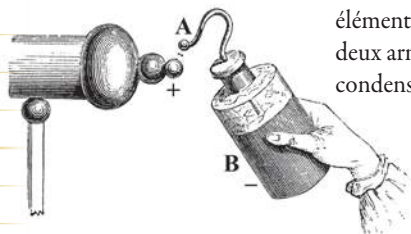
La feuille d'étain recouvre le fond et jusqu'aux trois-quarts de la hauteur de la bouteille. Elle constitue l'armature extérieure ou externe de cet appareil.

Quant aux feuilles chiffonnées d'étain ou d'or, elles constituent l'armature intérieure ou interne de la bouteille. Elles sont en contact avec une tige de laiton traversant le bouchon et éventuellement terminée par une chaîne de même métal. Cette tige peut être recourbée en crochet et se termine par une boule (A) appelée « bouton ».

Mode opératoire ☞ Pour charger la bouteille, on la tient à la main et on présente son « bouton » à l'un des pôles d'une machine électrique (cf. p. 912 par exemple) en fonctionnement dont l'autre pôle est relié à la terre.

Sa décharge est soit instantanée et violente, soit progressive. Dans le premier cas, on tient toujours la bouteille, on met en contact l'une des deux branches d'un excitateur simple (cf. p. 895) avec l'armature externe puis on approche l'autre branche de la boule ; on observe alors une étincelle assez forte entre l'extrémité de la seconde branche et la boule. Dans le second cas, on pose la bouteille sur un « gâteau » de résine afin de l'isoler et on touche alternativement l'une et l'autre des armatures avec une tige métallique ; à chaque contact, on observe des étincelles de plus en plus faibles.

Ces décharges montrent que des charges électriques s'étaient accumulées, ou « condensées » (cf. p. 840), sur les différents éléments de la bouteille. On en conclut que l'ensemble des deux armatures séparées par un isolant – le verre – constitue un condensateur.



H : 18 - D : 6
Constructeur : non signé

Remarques ☞ Les divers effets de l'électricité, physiologiques, lumineux, calorifiques, mécaniques et chimiques sont d'autant plus importants qu'on fait usage d'appareils électriques plus puissants comme la jarre électrique ou les batteries électriques (cf. p. 837 et p. 901) qui étaient constituées de bouteilles de Leyde branchées en parallèle.

C'est ainsi qu'au XVIII^e siècle, l'abbé Nollet donna, en présence de Louis XV, la commotion électrique à 180 hommes de sa garde.

La bouteille doit son nom à la ville où elle fut inventée par Cunéus et Musschenbroek en 1746.

PILE À COLONNE ou PILE de VOLTA

Lycée Bertran-de-Born – (24) Périgueux

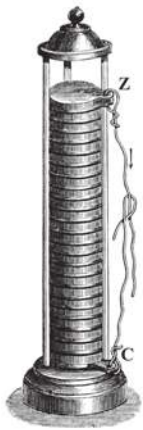
Fonction ➤ Convertir de l'énergie chimique en énergie électrique.

Description ➤ Il s'agit d'un empilement de disques de cuivre, de zinc et de feutre ou de carton. Les disques sont empilés les uns sur les autres dans l'ordre suivant : un disque de cuivre, un disque de zinc, une rondelle de feutre ou de carton imbibé d'eau acidulée, et ainsi de suite toujours dans le même ordre. Les disques extrêmes en cuivre (C) et en zinc (Z) sont munis d'une encoche pour, à l'aide d'un fil conducteur, établir une connexion électrique avec un circuit extérieur.

Pour empêcher l'oxydation du cuivre et mieux établir les contacts, les disques de cuivre et de zinc contigus sont soudés ensemble.

La pile des disques et rondelles ne s'écroule pas car elle est maintenue par trois colonnes de verre de même diamètre, verticales et fixées sur un pied de bois isolant. Le haut de ces colonnes s'insère dans un plateau ou un dôme en bois ou en métal pourvue d'ouvertures adéquates ; ce plateau peut être surmonté de boules métalliques.

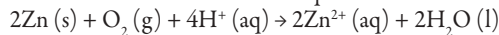
Mode opératoire ➤ Après avoir mouillé ses doigts, on touche les disques extrêmes. On ressent alors un léger picotement si la pile contient une vingtaine d'éléments. Plus il y a d'étages à la pile, plus le ressenti est important jusqu'à la commotion. En rapprochant ces résultats de ceux obtenus à l'aide d'une machine électrique (cf. p. 916 par exemple), on en déduit que de l'énergie électrique a été produite par la pile. Les disques extrêmes sont donc naturellement appelés « pôles ».



On attache aux disques extrêmes des fils métalliques afin d'établir un circuit électrique fermé. À l'aide d'un galvanomètre (cf. p. 1052), on constate alors qu'un courant électrique circule à travers ce circuit.

Actuellement, le fonctionnement d'une telle pile s'explique par la circulation de particules chargées : les électrons au sein des disques métalliques et des fils électriques, et les ions au sein de l'eau acidulée. Ces électrons sont produits par l'oxydation du zinc – pôle négatif – ; puis ils sont consommés au cours de la réduction du dioxygène O_2 à la surface des disques de cuivre – pôle positif.

L'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de cette pile s'écrit :



Remarques ➤ D'autres modèles de pile de Volta permettent de modifier le nombre de disques. Pour cela, un disque en cuivre est doté d'un bornier ou d'un crochet ; il est placé en haut de la pile de disques.

Pour étudier « sa » pile, Volta fit de nombreuses expériences et inventa pour l'occasion l'électroscope condensateur (cf. p. 881).

Grâce à sa découverte, Volta fut comblé d'honneurs. En 1801, il fit une démonstration de ses expériences à l'Académie des sciences, devant Bonaparte. Enthousiasmé par cette découverte, le premier consul lui décerna la médaille d'or de l'Institut et lui attribua une somme de six mille francs. En 1805, le premier consul, devenu empereur, lui décerna la croix de la Légion d'honneur, avant d'élever le brillant physicien au rang de comte et de sénateur du royaume de Lombardie. « Le professeur de Pavie était devenu pour Napoléon le type même du génie. »

Le nom de « pile » provient de l'empilement des disques métalliques et de feutre ou de carton. Mais la « pile de Volta » est la seule à bien porter son nom car les autres « piles » ne comportent pas d'empilement.



H: 50 - D: 9
Constructeur: non signé

Classé au titre des MHI par arrêté du 15 décembre 2008

ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE

Utile



CADRAN SOLAIRE ÉQUINOXIAL

Lycée Henri-Poincaré – (54) Nancy

Fonction 📏 Déterminer l'heure solaire.

Description 📏 Il s'agit essentiellement d'un cadran circulaire dont la table se situe dans un plan parallèle à celui de l'équateur terrestre. Le cadran est gradué en heures, le curseur qui cache la vis sans fin en dizaine de minutes et le tambour qui en est solidaire en minutes. En outre, il est muni d'un style articulé perpendiculaire à la table et situé dans le plan du méridien du lieu.

En dessous du cadran se trouve une boussole (cf. p. 805) permettant l'orientation de l'appareil. Le socle de l'appareil est muni de vis calantes et d'une tige dotée d'un anneau, au sommet de laquelle peut être accroché un fil à plomb. Ce modèle peut se replier pour le voyage.



Mode opératoire 📏 On place l'appareil sur un plan stable en vue du soleil. Avec la boussole, on oriente l'avant de l'appareil vers le nord géographique. Le réglage de la déclinaison peut se faire à l'aide de la bride qui maintient la boussole. On règle l'horizontalité de l'appareil au moyen des vis calantes et on la contrôle à l'aide du fil à plomb. Pour régler la latitude, on place le plan du cadran dans le plan équatorial à l'aide du secteur circulaire et de la bielle associée. Après avoir déplié le style, on tourne le cadran afin d'obtenir une image ponctuelle du soleil sur le repère de l'écran. Sa hauteur dépend du moment de l'année. On lit alors l'heure solaire.

H: 6 - L: 17,5 - l: 14,5 (cadran fermé)
Laiton, dépôt du Lycée Henri-Poincaré de Nancy
au Musée lorrain de Nancy. Inv. D.III.99. © Musée lorrain, Nancy
Constructeur: GASPARD HOMMER



Remarques 📏 Gaspard, boussole dans son écrin signée Gaspard rue de Viller à Lunéville 1752.

Un cadran solaire semblable se trouve au *National Museum of Scotland* signé Gaspard Hommer de Lunéville (réf. 000-100-102-656-C).



CADRAN SOLAIRE POLYÉDRIQUE

Lycée Montesquieu – (72) Le Mans

Fonction ☞ Estimer l'heure solaire en fonction du lieu.

Description ☞ Il s'agit d'un cube en bois peint. Dans au moins quatre faces sont emboîtés des stylets – un par face. Ces faces sont graduées en heures mais ces graduations sont très variées selon leur orientation dans les différentes directions de l'espace. Cela met en évidence qu'il est compliqué de réaliser une graduation adaptée à une surface donnée. La face du dessous, mobile, est portée par un pied en bois dont le support est muni d'une boussole (cf. p. 805). Les faces du cube et le support du pied sont richement décorés de motifs floraux.

Mode opératoire ☞ On place l'appareil sur un plan stable en vue du soleil. Avec la boussole, on oriente l'avant de l'appareil vers le nord géographique. On règle la déclinaison de l'appareil en le faisant tourner sur son pied. Grâce à l'ombre du stylet portée sur le cadran, on lit l'heure solaire. Cette mesure reste approximative.



H: 14,8 - L: 15 - l: 9,5 / L: 9,3 - l: 7,6 (socle)
Constructeur: BERINGER D., SEYFRIED G. P.

Remarque ☞ Ce cadran, esthétiquement remarquable, est peu précis, comparé au cadran solaire équinoxial par exemple (cf. p. 1233).



SPHÈRE ARMILLAIRE MODÈLE GÉOCENTRIQUE de PTOLÉMÉE

Lycée Guez-de-Balzac – (16) Angoulême

Fonction ☞ Matérialiser en trois dimensions le modèle géocentrique qui explique le mouvement des astres vu de la Terre, sans souci d'échelle.

Description ☞ Il s'agit d'une maquette constituée d'un globe évidé entouré de plusieurs anneaux – ou *armilla* en latin – concentriques autour du centre d'une boule qui figure la Terre.

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum.



L'anneau où sont écrits les noms des mois de l'année et peints les signes du zodiaque, symbolise le plan de l'écliptique. Cinq anneaux parallèles représentent respectivement le cercle arctique, le tropique du Cancer, l'équateur, le tropique du Capricorne et le cercle antarctique; les cercles du tropique du Cancer, du tropique du Capricorne ainsi que de l'équateur représentent les trajectoires apparentes du Soleil telles que celui-ci soit à son zénith respectivement lors du solstice de juin, du solstice de décembre et des équinoxes. Deux anneaux verticaux qui se croisent sur l'axe de rotation de la boule centrale figurent pour l'un, la colure des solstices et pour l'autre la colure des équinoxes.

Deux tiges courbées partent du haut de l'axe de rotation de la boule centrale. À leur extrémité libre est fixé un disque qui symbolise la Lune.

L'ensemble de l'appareil est fixé sur un pied.

Ces objets demandent beaucoup d'attention et une certaine dextérité pour être exploités. Ce sont toujours des constructions complexes, d'une grande facture artisanale.

Mode opératoire ☞ Une sphère armillaire géocentrique permet de déterminer les heures de lever et de coucher du Soleil, les saisons, d'expliquer pourquoi ont lieu les éclipses, phénomènes vus depuis la surface de la Terre.

Jour et nuit

Il faut d'abord incliner la boule représentant la Terre sur le méridien jusqu'à la latitude du lieu choisi, par exemple 45°. Puis, on repère la position du Soleil sur l'écliptique à la date choisie, et on amène le Soleil sous le méridien. Enfin, on règle le cercle de l'heure locale à 12 heures, face au Soleil. En faisant tourner



Classé au titre des MHI par arrêté du 2 juillet 2014

Utile

H: 53 - D: 33
Constructeur: non signé



1247

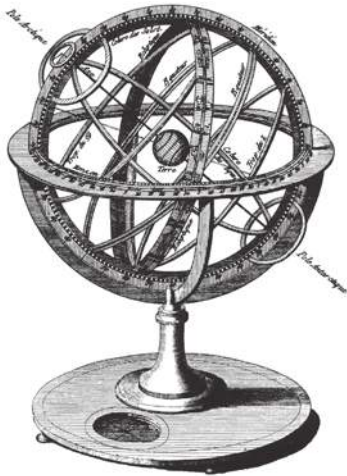
autour de l'axe des pôles, on constate alors que ces trajectoires coupent le cercle de l'horizon, ce qui signifie que le soleil est visible quand il est situé au-dessus de ce cercle et invisible sinon. Ainsi peut-on déterminer les heures de lever et de coucher du Soleil en ce lieu.

Les saisons

Le dispositif montre la variation des durées d'éclairement et d'ombre selon les saisons. Pour une autre date, il faut marquer la position du Soleil sur l'écliptique ; puis, lors d'une rotation autour de l'axe des pôles, on note les heures de lever et de coucher correspondant aux moments où la trajectoire du Soleil traverse le cercle de l'horizon. Par ailleurs, en modifiant la latitude, on peut montrer qu'au-dessus du cercle polaire arctique ou antarctique, le Soleil ne se lève pas ou au contraire ne se couche pas durant six mois de l'année.

À propos des planètes

Les réglages précédents ayant été effectués, on repère la position d'une planète à une date donnée par rapport à l'écliptique. De la même façon que pour le Soleil, en faisant effectuer une rotation autour de l'axe des pôles, on peut repérer les heures du lever, du coucher et de son passage au méridien.



Remarques 📖 Le modèle géocentrique fut notamment explicité par Claude Ptolémée d'Alexandrie dans son *Almageste* (II^e siècle ap. J.-C.). Cette vision du monde a perduré en Europe jusqu'au XVII^e siècle.

Pour aider à l'interprétation des phénomènes observés – éclipses, mouvement des astres, etc. –, on construisit des systèmes mécaniques de plus en plus sophistiqués, les sphères armillaires, qui montrent en trois dimensions ce que les schémas simplifiés tout comme les astrolabes montrent en deux dimensions.

Comme sur d'autres instruments où sont tracés les signes du zodiaque, on peut remarquer qu'astronomie et astrologie étaient étudiées par les mêmes scientifiques, entre autres Copernic qui dut rédiger les horoscopes des Grands de son époque.

Une sphère armillaire suivant le modèle de Copernic (cf. p. 1249) matérialise le modèle héliocentrique du système solaire.

Cet appareil et l'appareil des saisons ou « écliptique mécanique » d'Henri Robert (cf. p. 1226) sont complémentaires.



SPHÈRE ARMILLAIRE MODÈLE HÉLIOCENTRIQUE de COPERNIC

Lycée Guez-de-Balzac – (16) Angoulême

Fonction 🖱️ Matérialiser en trois dimensions le modèle élaboré par Copernic pour expliquer le mouvement des astres dans le système solaire, c'est-à-dire autour du Soleil, sans souci d'échelle.

Description 🖱️ Il s'agit d'une maquette du système solaire composée de plusieurs anneaux concentriques qui sont entourés de trois anneaux plus larges également concentriques. L'un de ces derniers est horizontal et représente le plan de l'écliptique, les noms des mois y sont écrits et les signes du zodiaque dessinés. Les deux autres sont verticaux et symbolisent la sphère des étoiles fixes ; l'un représente la colure des équinoxes et l'autre la colure des solstices.

Le centre de la sphère est occupé par une boule en laiton qui figure le Soleil.

La Terre est la seule planète à être représentée ; sur la boule en bois sont tracés l'équateur, les tropiques et des méridiens. Les continents y sont peints. Un disque collé à un arc métallique fixé à un « pôle » de la boule en bois, figure la Lune. Cette boule est inclinée par rapport à la direction de l'axe central de

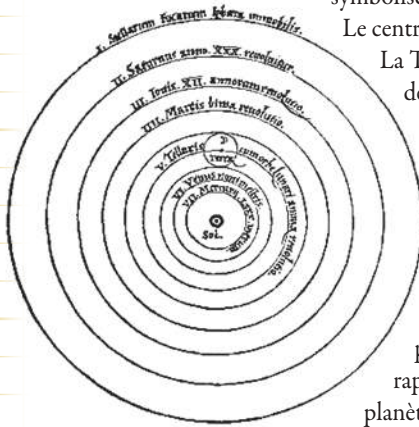
l'appareil. Elle est fixée à l'extrémité d'une tige courbe terminée par un anneau qui tourne autour de l'axe central.

Les anneaux intérieurs à la sphère représentent les trajectoires des planètes du système solaire par rapport au Soleil. Le nom de chaque planète, la valeur du degré d'inclinaison par rapport à l'écliptique et la durée de sa révolution autour du Soleil sont inscrits sur l'anneau correspondant.

L'axe central de l'appareil est maintenu vertical car il est fixé à un pied.

Ces objets demandent beaucoup d'attention et une certaine dextérité pour être exploités.

Ce sont toujours des constructions complexes, d'une grande facture artisanale.



Classé au titre des MH par arrêté du 2 juillet 2014

Utile

H : 52 - D : 32
Constructeur : non signé



1249

Mode opératoire 🗨️ Après avoir convenablement mené certains réglages, on détermine les positions relatives des différents astres. On en déduit ainsi que certaines planètes comme Mars ou Jupiter rétrogradent lorsqu'on les observe de la surface de la Terre, que la Lune et Vénus présentent différentes phases à la Terre. On explique également pourquoi les éclipses se réalisent.



Remarques 🗨️ En 1543, à Nuremberg, parut « Sur la révolution des orbés célestes » écrit par Nicolas Copernic. Ce traité marqua la naissance de l'héliocentrisme, théorie astronomique qui aura eu bien du mal à s'imposer puisque s'opposant au modèle géocentrique qui faisait alors foi. Les sphères armillaires évoluèrent afin de faire figurer non la Terre mais le Soleil au centre du système mécanique (cf. p. 1247).

Certaines sphères armillaires de Copernic comportent l'affichage de la latitude, un positionnement précis sur l'écliptique, ainsi qu'un style horaire. On peut alors directement y lire les heures de lever et de coucher du Soleil ou celles du passage des étoiles au méridien.

Ces phénomènes sont également simulés par les appareils d'Henri Robert (cf. p. 1224 et p. 1228) et montrés à l'aide de plaques peintes animées et projetables (cf. p. 1239, p. 1242 et p. 1244).

Comme sur d'autres instruments où sont tracés les signes du zodiaque, on peut remarquer qu'astronomie et astrologie étaient étudiées par les mêmes scientifiques, entre autres Copernic qui dut rédiger les horoscopes des Grands de son époque.

